

3차원 가상착의와 실제착의를 통한 블라우스 진동둘레 평가

Evaluation of Armhole Lines of Blouses Using 3D Virtual Fitting and Human Subjects

이희란¹ · 이에진² · 홍경희²

¹충남대학교 생활과학연구소 · ²충남대학교 의류학과

Lee, Heeran¹ · Lee, Yejin² · Hong Kyunghi^{2*}

¹Research Institute of Human Ecology, Chungnam National University,

²Department of Clothing and Textiles, Chungnam National University

Abstract

There are relatively few studies on functional and appealing armhole lines of a blouse, due to the complex shape of the shoulder and armpit. In this study, we investigated the functionality of eight different armhole lines, using human subjects as well as virtual fitting. The primary goal of this study was to determine which armhole line is suitable to the movement of a shoulder joint with an acceptable appearance. Next, we studied whether subtle differences in armhole lines affect the shape of the blouse in 3D virtual space. Finally, we analyzed if the wear test evaluations for mobility matched the corresponding shape deformation observed by the displacement of reference points of the 3D virtual blouse. We observed that the amount of displacement of the reference points as shown by 3D virtual fitting, matched the wearer's evaluation of the functional aspects of the blouse during shoulder joint movement.

Key words: 3D virtual fitting, blouse basic pattern, armhole line, displacement during arm movement

I. 서론

3차원 측정기술 및 프로그램이 활발히 개발됨에 따라 가상착의 상태에서 외관을 조정하는 시스템(Fontana et al., 2005; Rudolf et al., 2015; Song & Ashdown, 2015)에 대한 소비자 요구가 증가되고 있다. 3차원 가상착의는 사람들이 옷을 반복적으로 입어보지 않아도 착의된 형태를 볼 수 있는 장점이 있지만, 이를 실제로 활용하기 위해서는 가상착의에 사용되는 모델이 실제 소비자와 잘 부합

해야 하며 가상착의 결과에 대한 신뢰성과 효율성이 만족되어야 한다. 3차원 가상착의는 최근 착용평가 연구에서도 활용되기 시작하였는데 가장 기본적으로는 소재의 물리적, 기계적 특성에 따른 3차원 시뮬레이션에 관한 연구가 있다(Kim, 2011; Kim & Na, 2013; Lim & Istook, 2011; Sul et al., 2006). 최근에는 실제 착의 결과와 가상착의 평가 사이에 정적상관관계가 있음을 sari 블라우스의 소재를 대상으로 확인되기도 하였다(Varghese & Thilagavathi, 2012). 또한 가상착의가 소재의 물성변화를

본 연구는 충남대학교의 CNU학술연구지원사업(2014-1165-01)에서 재원을 지원받아 수행하였습니다.

이 논문은 2015년도 한국생활과학회 동계 학술대회에서 포스터 발표한 것을 확장한 것이다.

* Corresponding Author : Hong, Kyunghi

Tel: +82-42-821-6828, Fax: +82-42-821-8887

E-mail: khhong@cnu.ac.kr

© 2016, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

100 % 반영하지는 못하지만 앞으로의 가능성과 착의평가의 활용도가 높음이 시사된 바 있다(Lee & Lee, 2013; Shin & Sohn, 2013). 3차원 가상착의는 의복의 피트성에 대한 평가방법으로도 활용되어 왔으며(Ashdown et al., 2004; Bye & McKinney, 2010; Chen, 2007; Do & Park, 2010; Han & Jo, 2000; Lee, 2010; Song & Jo, 2009; Xu et al., 2009), 최근에는 특정요구를 가진 소비자들을 위한 맞춤형 산업 분야로 관심이 확대되고 있다(Chen et al., 2008; Daanen & Hong, 2008, Rudolf et al., 2015).

그러나, 가상착의가 실제현상을 물리적으로 의미 있게 잘 반영하고 있는가에 대한 연구는 아직 부족한 상태이다. 2차원 평면인 의복 소재가 가상착의 모델에 3차원적인 형태로 착의되는 형태가 현실성이 있는지, 가상 모델과 의복사이의 공극량이 실제 착의상태와 연관이 깊은지, 가상 모델이 동작함에 따라 변화하는 의복 형태가 의미가 있는 표현인지, 의복이 제작되는 과정에서 직물의 특성, 패턴, 봉제 등과 같은 의복의 구조적인 변인들이 유의미한 결과로 나타나는지는 좀 더 검증되어야 한다.

특히 주목해야 하는 곳으로서 겨드랑이부분이 있다. 겨드랑이 부분은 인체와 위팔이 만나는 경계로서 쇄골, 견갑골과 상완골두가 만나면서도 상부를 삼각근이 둥글게 커버하고 있으며 하부에서는 대흉근, 광배근, 대원근등 다수의 근육이 모이는데 동작 시 근육과 주름이 변형되어 정확한 측정점을 정의하기 쉽지 않으며 3차원 스캐너로 직접 측정이 되지 않아 가상 피팅모델로 겨드랑이 부분의 패턴 적합성을 판정할 수 있는 가에 대한 의문도 제기되고 있는 것이 사실이다. 겨드랑이 결측 데이터는 프로그램을 통해 보완될 수 있지만 보완되는 과정과 결과가 보완자의 기술에 따라 달라지는 단점도 있다. 이 점들로 이루어진 겨드랑이 부분에 대한 의복의 진동돌레 가상착의 연구도 난해한데 이것은 겨드랑이 부분의 의복구조가 난해한 3차원적 구조이기 때문이다. 의복 봉제에서는 곡률이 다른 소매와 몸판의 진동이 봉제되고 착의 시에도 미묘한 어깨곡면에서는 피트성이 좋게 얹혀지지만 그 아래로는 무게로 인해 처지면서 겨드랑이 아래 부분 의복에서는 주름이 형성된다. 이로인해 그동안 의복의 진동돌레는 인체의 겨드랑이 부분과 대응하여 3차원 상에서 정량적인 분석이 거의 수행되지 않았다.

실로 그동안 동작 가능성이 좋은 패턴 개발을 위해 동작 시 인체의 형태변화, 체표면, 길이 변화와 이를 패턴에 접목시키는 연구는 많이 이루어왔다(Cho & Machiko, 2008; Choi & Ashdown, 2010; Kim, 2009; Sohn &

Bye, 2014; Wessendorf & Newman, 2012). 이에 따라, 다양한 상의 기본 블라우스 패턴이 있는데 이러한 미묘한 진동패턴의 차이가 3차원 가상착의 형태에서도 차이가 나게 반영되는지, 어떠한 패턴이 외관과 기능이 좋은지에 대하여 3차원 가상착의에서 정량적으로 평가된 선행연구는 찾아보기 어렵다.

겨드랑이돌레는 인체에서 겨드랑이점, 어깨점, 앞품점, 뒤품점을 지나며 이에 대응하여 의복에서는 진동돌레를 제작하고 있는데, 이들 돌레선은 정자세 뿐 아니라, 동작 시에도 검토되어야 기능적이면서도 심미적인 패턴 개발에 기여할 수 있다. 동작 자세에 대응하는 의복 패턴을 3차원 가상현실에서도 검토하려면 파라메트릭 인체모델로 인체 사이즈 및 자세를 의미있게 변형할 수 있어야 하고, 인체의 사이즈에 대응하는 패턴의 착장이 가능해야 한다. 또한, 가상착의 결과를 정량적으로 평가하기 위하여 착의된 의복과 인체사이의 간격(공극거리 또는 여유량) 및 그 분포를 역설계 기술을 이용하여 과학적으로 측정할 수 있어야 한다.

이에, 본 연구에서는 사이즈코리아 데이터를 기반으로 하는 파라메트릭 인체모델, 가상착의시스템, 역설계 프로그램을 이용하여 정자세에서 가상착의한 민소매 기본 블라우스가 간단한 팔동작을 할 때 진동돌레와 겨드랑이 돌레에 어떠한 변화가 생기는 가를 관찰하고 이를 실제 착장결과와 비교해 보고자 하였다. 이를 통하여 외관과 기능성이 우수한 진동돌레 패턴의 특징을 알아봄으로써 궁극적으로 가상착의의 응용 영역을 넓히는데 기여하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험용 블라우스

어깨의 움직임이 편안한 블라우스 패턴은 겨드랑 뒤 부분에 여유분이 필요할 뿐 아니라 겨드랑돌레라인의 형태가 중요하다. 블라우스의 외관과 동작편이성에 영향을 주는 요인을 찾기 위하여 본 연구에서는 아바타의 겨드랑돌레를 구성하는 점(겨드랑점, 뒤겨드랑점, 어깨점, 앞겨드랑점)들에 대응하는 패턴의 진동돌레와 어깨각도를 변인으로 하였다. 뒷길에서는 주로 어깨가 앞으로 굽는 동작을 취할 때 뒤 어깨길이와 뒤품너비가 늘어나는 것에 중점을 두었으며, 앞길에서는 주요 동작 시 앞품이 줄어들

면서 어깨점 높이가 낮아져 진동 깊이가 줄어드는 점에 착안하여 몸판패턴의 기본 변인을 결정하였다. 블라우스 길원형의 가슴둘레는 94.2 cm로 동일하였으며, 어깨 다트가 없는 기본 블라우스 몸판패턴을 설계하였다. 상의 피트존인 어깨부분의 앞뒤어깨 기울기를 정확하게 실측하기 위해 목옆점부터 어깨가쪽점까지 어깨다트가 없는 패턴을 선택하였으며, 팔동작 시 허리선으로부터 패턴 하단이 올라오는 양을 측정하기 위해 피트존을 어깨부분으로 한정 한 후 가슴다트가 없고 앞치짐이 없는 패턴을 선정하였다. 본 연구에서는 <Table 1>에서 보는 바와 같이 뒤 어깨길이(a), 뒤폭 너비(b), 앞 겨드랑깊이(c)를 몸판 패턴의 기본변인으로 하여 다른 패턴에 비해 길이가 긴 경우(+)와 짧은 경우(-)로 나누어 변인을 설정하였으며, 어깨길이 차이는 이즈 처리하기에 적당한 최대 길이로 9 mm, 뒤폭너비는 동작시 뒤폭의 신장 길이를 고려하여 20 mm, 앞겨드랑깊이는 진동 깊이가 변화의 최소한의 수치인 5 mm로 하였다. 또한 기본변인의 변화로 파생된 뒤 진동깊이(d), 앞 어깨길이(e), 앞·뒤어깨 기울기(f&g)를 2차 변인으로 설정하고 변인에 따른 8가지 블라우스 몸판 패턴을 설계

하였다. 이때 8가지 블라우스 몸판 패턴의 중합도는 <Table 1>과 같으며, (+)는 다른 패턴에 비해 크거나 긴 것을 (-)는 다른 패턴에 비해 작거나 짧은 것을 표시한 것이다.

주관적 착용평가를 위해서는 설계된 8개의 블라우스 몸판에 소매를 부착하여 평가하였다. 이는 동작 시 소매가 없으면 동작편이성 및 쾌적성을 평가하는 것이 큰 의미가 없기 때문으로, 소매산 높이 10.5 cm, 소매 길이 59 cm로 설정하였으며 소매통도 같은 치수로 조정하여 소매패턴을 설계하였다.

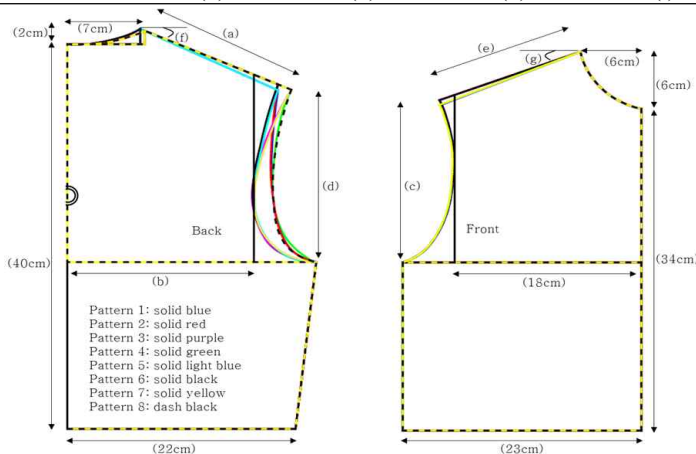
제작에 사용된 소재는 면 100 %인 머슬린을 사용하였으며, 다른 영향을 최소화하기 위해 2번 세탁 후 다림질을 한 후 블라우스를 제작하였다.

2. 착용평가방법

의복에 대한 피실험자는 블라우스 착용이 빈번할 뿐 아니라 착용시 피트성과 외관에 가장 예민하게 반응할 것으로 생각되는 20대 초반으로 제 7차 한국인 인체치수조사

<Table 1> Primary and derived pattern variables of eight experimental blouses

Variable Pattern	a (cm)	b (cm)	c (cm)	d (cm)	e (cm)	f(°)	g(°)
Pattern 1	14.5(-)	20.0(+)	16.5(-)	18.0(-)	14.5	25.8(+)	22.5(+)
Pattern 2	14.5(-)	20.0(+)	17.0(+)	18.6(+)	14.5	23.6(-)	20.5(-)
Pattern 3	15.4(+)	18.0(-)	17.0(+)	18.0(-)	14.5	23.6(-)	20.5(-)
Pattern 4	15.4(+)	20.0(+)	16.5(-)	18.0(-)	14.5	23.6(-)	22.5(+)
Pattern 5	14.5(-)	18.0(-)	16.5(-)	18.0(-)	14.5	25.8(+)	22.5(+)
Pattern 6	14.5(-)	18.0(-)	17.0(+)	18.6(+)	14.5	23.6(-)	20.5(-)
Pattern 7	15.4(+)	18.0(-)	16.5(-)	18.0(-)	14.5	23.6(-)	22.5(+)
Pattern 8	15.4(+)	20.0(+)	17.0(+)	18.0(-)	14.5	23.6(-)	20.5(-)



- **Primary pattern variables**
 (a)-Back shoulder length
 (b)-Width of upper back
 (c)-Depth of front armscye
- **Derived pattern variables**
 (d)-Depth of back armscye
 (e)-Front shoulder length
 (f)-Back shoulder slope
 (g)-Front shoulder slope

보고서의 평균 치수에 해당하는 여성 7명을 선정하였다 (Table 2). 선정된 피실험자의 가슴둘레 평균은 약 84 cm (표준편차 1 cm)로 제작한 블라우스 가슴둘레 (94.2 cm)와의 여유분이 약 8 cm였다.

착의 평가는 객관적 평가와 주관적 평가로 나누어 측정하였다. 객관적 평가는 동작 시 앞중심선의 밑단과 옆솔기의 밑단의 수직 이동량을 측정하였으며, 주관적 평가는 착용감 평가(동작가능성 평가)와 외관 평가로 나누어 평가하였다. 평가 시 사용된 동작은 일상적으로 많이 사용되는 2가지 동작으로, 어깨관절을 움직여 한 팔을 앞으로 90° 들어 올렸을 때(수평내전 90°)를 동작1(motion 1), 양팔을 90° 수평내전 후 양 팔꿈치 관절을 각각 90° 굴곡하여 팔짱을 꼈을 때를 동작 2(motion 2)로 선정하였다. 어깨와 팔, 팔꿈치 관절의 진전상태로 서 있는 표준상태를 동작 0(motion 0)으로 정하였다.

착용감 평가(동작가능성 평가)는 질문에 대답하는 방식으로 진행하였으며, 실험복 착용 후 동작 0, 동작 1, 동작 2를 한 상태에서 불편함과 편안함에 대한 평가를 하였다. 이때 앞판, 뒤판, 겨드랑이부분, 전체적인 착용감에 대해 11점 척도로 평가하였다(0점: 착용감이 매우 나쁘다, 5점: 보통이다, 10점: 착용감이 매우 좋다). 외관 평가는 의류분야의 전문가 8명에게 실시하였으며, 피험자별 착의 사진을 보면서 설문지에 답을 하였다. 실험 블라우스를 착용한 후 촬영한 정면, 측면, 후면의 사진을 보면서 외관 평가를 실시하였으며, 동작 0, 동작 1, 동작 2를 했을 때 앞판, 뒤판, 소매의 앞부분과 뒤부분의 외관을 7점 척도로 평가하였다.(1점: 외관이 매우 나쁘다, 4점: 보통이다, 7점: 외관이 매우 좋다). 데이터 분석은 SPSS Statistics 21.0을 이용하여 분석하였다.

3. 3차원 가상착의 및 평가방법

1) 3차원 가상착의 방법

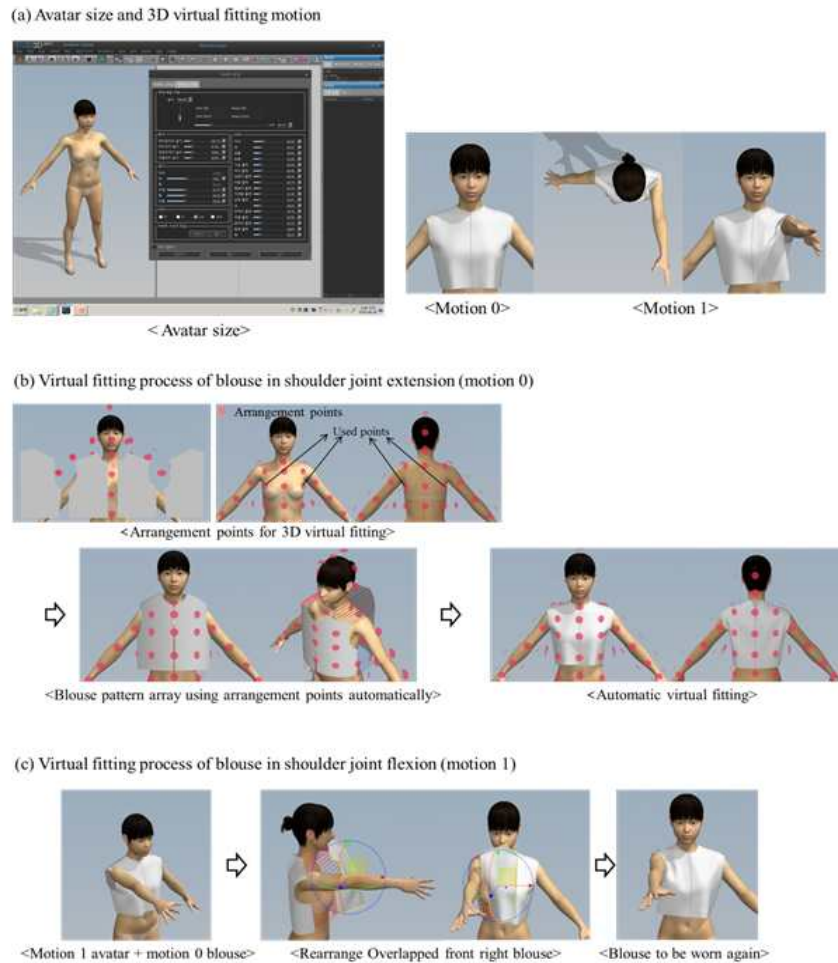
본 연구에서는 팔에 가려져 육안으로 관찰이 어려운 블라우스 진동둘레 형태가 동작에 따라 어떻게 움직이는지를 관찰하기 위해 3차원 가상착의 프로그램인 CLO(CLO Virtual Fashion Inc., Korea)를 활용하였다. 이 때, 블라우스 진동둘레의 변화를 관찰하기 위해 소매 없이 기본블라우스 몸판 패턴 8개를 가상착의 하였으며, 이 때의 객관적인 데이터 평가를 위해 Geomagic Design X program(3D Systems, Inc., Korea)을 활용하여 데이터를 분석하였다.

3차원 가상착의 아바타 사이즈는 제 7차 사이즈 코리아 20대 초반 여성 평균으로 변경하였으며(Table 2, Figure 1 (a) 왼쪽), 착의시 아바타의 동작은 [Figure 1 (a) 오른쪽]에서 보는바와 같이 동작 0(정자세)과 동작 1(한쪽 팔의 수평내전 90°)로 변경하여 가상착의 하였다. 8종류의 블라우스 가상착의 방법은 [Figure 1]에서 보는바와 같이 동일한 방법으로 진행하였으며, 작업자의 숙련도에 따라 착의 결과가 달라질 수 있는 요인을 최소화하기 위하여 착의되는 모든 순서는 프로그램 내의 자동시스템을 이용하였다. 블라우스 패턴을 인체에 배치하기 위하여 arrangement points를 사용하였으며, 가슴둘레 주변의 4점을 사용하여 패턴을 자동배열 하였다(Figure 1 (b)). 그 후 어깨선과 옆선을 가상 봉제한 후 자동으로 가상착의를 실시하였으며, 사용된 소재는 CLO 프로그램에서 제공하는 기본소재인 면으로 설정하였다(Figure 1 (b)).

동작 1일 때의 가상착의 방법은 [Figure 1 (c)]에서 보

〈Table 2〉 Characteristics of subjects and the avatar used in CLO

Item	Measurement target	Subject size	Avatar size	Size Korea
Bust Circumference (cm)		84.1 (±1.0)	82.9	84.1 (±7.0)
Waist Circumference (cm)		67.2 (±3.0)	69.5	70.9 (±7.1)
Hip Circumference (cm)		-	91.4	92.7 (±6.2)
Chest Circumference (cm)		83.8 (±1.0)	-	85.0 (±5.8)
Weight (kg)		52.7 (±3.1)	-	-
Stature (cm)		161.8 (±5.1)	160.4	160.9 (±5.2)
Cervical Height (cm)		-	135.7	136.4 (±4.9)
Waist Height (cm)		-	97.4	97.3 (±4.1)
Shoulder Length (cm)		-	12.0	11.5 (±0.9)



[Figure 1] Virtual fitting process of blouse in a standard standing position (Motion 0) and 90° horizontal adduction of an arm (Motion 1)

는 바와 같이 동작 1을 한 아바타에 미리 저장된 동작 0 (정자세)일 때 착의된 블라우스를 불러온다. 이때 팔을 든 쪽의 블라우스 앞판이 팔안으로 파고 들어가기 때문에 이를 해결하기 위하여 오른쪽 블라우스 앞판을 인체와 겹침이 없도록 앞으로 이동시킨다. 그 후 가상착의를 재실행하면, 모든 패턴의 가상 착의는 따로 렌더링을 하거나 추가 작업을 하지 않아도 된다(Figure 1 (c)).

2) 3차원 가상착의 평가 방법

블라우스 패턴의 평가에 3차원 가상착의 평가 방법을 효과적으로 활용하여 좀 더 객관적으로 관찰하기 위해 동작 0(정자세)일 때 블라우스 진동돌레에서의 공극길이와

동작 1(팔의 수평내전 90°)일 때 변화를 관찰하였다. 이를 위해 블라우스 진동돌레선 관찰에 사용된 아바타기준점을 [Figure 2]에서 보는바와 같이 정의하였다. 앞겨드랑점(front armpit point)은 두 평면이 교차되는 점으로 첫 번째 평면은 인체 정면으로부터 평면을 평행이동하면서 처음으로 암홀영역에 닿는 위치에 앞 겨드랑평면(front armpit plane)을 생성하였다. 두 번째 평면은 바닥으로부터 평행이동하면서 겨드랑이 아래 부분에서 곡률변화에 의해 색상이 어두워지는 지점에 평면을 생성하였으며, 두 평면이 교차되는 지점을 앞겨드랑점으로 정의하였다. 뒤겨드랑점(back armpit point) 역시 동일한 방법으로 찾았으며, 뒤에서 평행이동으로 평면을 이동하면서 암홀영역에 닿는 뒤 겨드랑평면(back armpit plane)을 생성한 후

앞서 선정된 수평면과 교차되는 지점으로 정의하였다. 어깨점(shoulder point)은 앞 겨드랑점과 뒤 겨드랑점을 이등분하는 평면(bisected plane)을 생성한 후 위에서 평행으로 평면을 이동하면서 어깨끝을 지나는 평면과 지나는 교차점으로 정의하였다. 옆목점(side neck point)은 정면에서 모델을 봤을 때 목과 어깨가 만나는 점으로 정의하였다.

정의된 4개의 점이 찍힌 하나의 아바타를 활용하여 블라우스의 암홀공극길이를 평가하였으며, 정의된 아바타 기준점(어깨점, 앞겨드랑점, 뒤겨드랑점)으로부터 정자세 일 때 가상착의 한 블라우스의 공극길이를 측정하였다. 아바타의 겨드랑선과 착의된 블라우스의 진동돌레 위치가 다르고 패턴 종류에 따라 진동돌레가 바뀌기 때문에 거리 측정방법은 다음과 같이 정하였다. 어깨점의 공극거리는 아바타의 어깨점에서 Y축(수직)으로만 떨어진 거리를 측정하였으며, 앞 겨드랑점과 뒤 겨드랑점의 공극거리는 아바타 기준점에서 Z축(수평)방향으로만 떨어진 거리를 측정하였다(Figure 2 (a)).

또한 동작 시 착의된 블라우스의 진동돌레선 변화를 분석하기 위하여 동작 0(정자세)에서 동작 1일때 기준점의

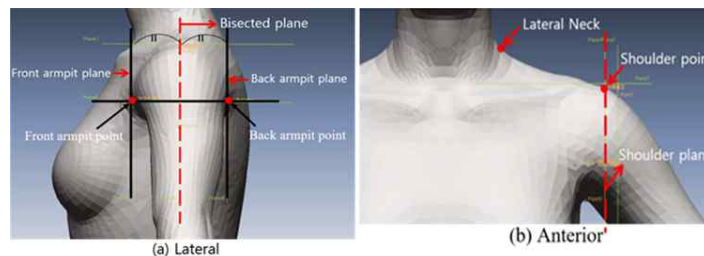
이동량을 측정하였다. 이 때 사용된 기준점은 의복의 기준점으로 [Figure 3 (b)]에서 보는 바와 같이 아바타의 옆목점, 어깨끝점, 겨드랑밀접에서의 수직 및 수평 이동량을 각각 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

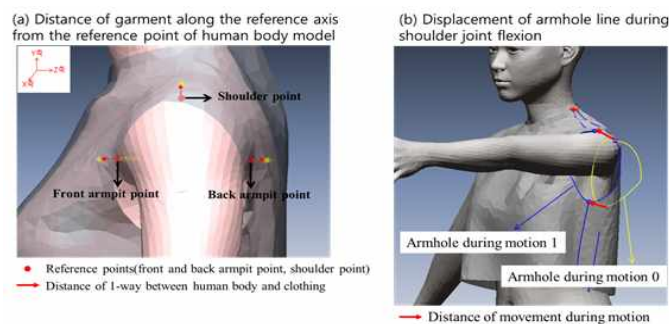
1. 블라우스 착의평가 결과

1) 객관적 착의평가

동작 시 블라우스의 밑단이 떨어져 올라가는 이동량을 옆선과 앞중심선에서 측정한 결과 동작 2의 경우 옆선 밑단의 이동량을 제외하고 블라우스 종류 간에 모두 유의미한 차이를 보였다(Table 3). 동작1(motion 1: 한쪽 팔의 수평 내전 90°)을 할 경우 패턴 4 블라우스는 앞중심선과 옆선의 밑단에서 이동량이 각각 1.80 cm, 2.27 cm로 가장 적은 이동량을 보였다(앞단: $p < 0.001$, 옆선: $p < 0.05$). 동작 2(motion 2: 양팔수평내전 90° + 팔꿈치 관절 90° 굴곡)의



[Figure 2] Reference points and plane defined in this study, to observe the effectiveness of the 3D virtual fitting



[Figure 3] Distance of garment along the reference axis from the reference point of human body model, and displacement of armhole line during horizontal adduction of an arm

경우에서도 패턴 4 블라우스의 앞중심선 밑단은 3.59 cm로 이동량이 상대적으로 작았다($p<0.05$). 이는 팔 동작 시 패턴 4 블라우스를 착용하였을 때 밑단의 이동이 적어 외관이 안정적임을 예상해 볼 수 있다. 그러나 전문가에 의한 블라우스 정면, 측면, 후면의 외관평가 결과, 블라우스간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

2) 주관적 착용감 평가

동작 시 착용쾌적감을 평가할 수 있는 표준화된 3차원 가상착의방법이 없기 때문에 본 연구에서는 주관적 착용평가를 실시한 후 이 결과가 가상착의를 이용한 공극길이 평가와 어떤 관련이 있는가를 알아보려고 하였다.

블라우스의 전체적 착용감과 동작 시 부위별 착용감 평가를 Duncan 사후분석 한 결과 <Table 4>에서 보는 바와 같이 패턴 간 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었으며, 특히 패턴 4의 블라우스의 경우 동작 시 착용감이 매우 좋게 평가되었다(11점 척도). 구체적으로 동작 1을 할 경우 블라우스의 앞판에서 유의미한 차이를 보였으며($p<0.05$), 패턴 3과 8의 착용감이 각각 6.29점, 5.57점으로 보통인 반면 패턴 4의 블라우스의 착용감은 평균 9점으로 높게 평가되었다. 동작 2를 할 경우 앞판과 뒤판에서 유의미한 차이를 보였으며(앞판: $p<0.01$, 뒤판: $p<0.001$), 패턴 4 블라우스의 착용감이 패턴 8에 비해 높게 평가되었다. 또

한 전체적인 착용감에서도 패턴 4 블라우스가 8.29점으로 다른 패턴에 비해 좋게 평가되었다($p<0.01$).

착용감에서 차이를 보인 블라우스 패턴 3, 4, 8은 기본 변인 뒤편 너비(Table 1 (b))와 앞 진동깊이(Table 1 (c))가 차이를 알 수 있었다. 패턴 4 블라우스는 뒤편 너비가 크고 앞 진동깊이가 짧았으며, 패턴 3은 반대로 짧은 뒤편과 큰 진동깊이, 패턴 8은 둘 다 큰 변인으로 패턴이 설계되었다. 기본변인에 의해 파상된 변인(Table 1 (d)-(g))에서는 앞판의 어깨각도에서 차이를 보였으며, 패턴 4의 어깨각도가 22.5°인 반면 패턴 3과 8은 20.5°로 작게 설계되었다. 이를 통해 어깨의 기울기도 평가 결과에 영향을 미치는 인자임을 확인하였다.

변인에 따른 8개의 블라우스를 피험자에게 착용 시킨 후 몸판의 정면과 후면, 소매의 정면과 후면에 대하여 외관 평가(7점 척도)를 실시한 결과, 블라우스 패턴 간에 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 패턴 1, 2, 4, 8은 몸판의 뒤편이 상대적으로 2 cm 컸으며, 패턴 3, 4, 8, 7은 뒤편의 어깨점이 상대적으로 외측에 있었으나 착용 시의 외관에는 영향을 주지 않았다.

2. 3차원 가상착의 평가

8개의 블라우스 몸판 패턴을 착용하였을 때, 2차원 패

<Table 3> Results of repeated measurement analysis and Duncan's multiple range tests for the displacement of hemlines of the blouses during 90° horizontal adduction of an arm in the wear test

(unit: cm)

Location of measurement	Pattern								F	Sig.	Duncan
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Motion 1											
Front waist mean (SD)	3.51 ^{ab} (±1.83)	3.83 ^b (±1.71)	3.69 ^{ab} (±1.72)	1.80 ^a (±0.98)	3.71 ^{ab} (±1.31)	3.41 ^{ab} (±2.06)	3.16 ^{ab} (±1.50)	4.56 ^b (±1.34)	5.452	0.000 ^{***}	a<b
Side seam mean (SD)	2.36 ^{ab} (±1.75)	2.37 ^{ab} (±1.64)	2.79 ^{ab} (±1.50)	2.27 ^a (±1.44)	2.93 ^{ab} (±1.51)	2.91 ^{ab} (±1.96)	3.07 ^b (±1.63)	2.91 ^{ab} (±1.62)			
Motion 2											
Front waist mean (SD)	5.37 ^{ab} (±2.04)	5.59 ^{ab} (±2.57)	6.07 ^{ab} (±2.95)	3.59 ^a (±2.21)	5.84 ^{ab} (±2.35)	4.96 ^{ab} (±2.50)	5.34 ^{ab} (±2.35)	6.57 ^b (±1.67)	2.965	0.013 [*]	a<b
Side seam mean (SD)	3.89 (±2.27)	3.50 (±1.50)	4.77 (±2.11)	3.57 (±1.57)	4.03 (±2.42)	3.91 (±2.26)	3.41 (±1.55)	3.81 (±2.07)			

* $p<0.05$, *** $p<0.001$

<Table 4> Results of repeated measurement analysis and Duncan's multiple range test for subjective evaluations of experimental blouses during horizontal adduction of an arm by 90° (Motion 1) and horizontal adduction of two arms with elbow joints flexion by 90° (Motion 2)

Location of measurement	Pattern								F	Sig.	Duncan
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Motion 1											
Front bodice mean (SD)	8.14 ^{a,b} (2.48)	8.00 ^{a,b} (2.52)	6.29 ^a (2.21)	9.00 ^b (1.15)	7.71 ^{a,b} (2.81)	8.00 ^{a,b} (1.73)	7.00 ^{a,b} (2.16)	5.57 ^a (1.81)	3.103	0.010*	a<b
Armpit mean (SD)	6.57 (2.44)	6.43 (2.51)	6.57 (1.90)	7.57 (2.57)	6.86 (2.19)	6.57 (2.15)	7.14 (1.68)	6.14 (2.34)			
Back bodice mean (SD)	7.71 (1.98)	7.86 (2.41)	7.71 (2.14)	9.14 (1.21)	7.71 (1.38)	7.14 (2.27)	8.00 (2.00)	7.43 (2.82)	1.365	0.245	-
Motion 2											
Front bodice mean (SD)	6.57 ^{a,b} (1.81)	6.86 ^b (2.27)	6.43 ^{a,b} (1.72)	7.57 ^b (1.90)	6.29 ^{a,b} (2.29)	6.00 ^{a,b} (1.63)	5.86 ^{a,b} (2.27)	4.29 ^a (1.11)	3.748	0.003**	a<b
Armpit mean (SD)	5.57 (1.99)	5.86 (1.86)	5.29 (1.80)	7.57 (2.30)	5.86 (1.57)	5.86 (1.68)	6.14 (1.35)	5.00 (1.91)			
Back bodice mean (SD)	7.14 ^{b,c} (1.68)	5.57 ^{a,b} (1.72)	5.29 ^{a,b} (1.60)	8.14 ^c (1.95)	5.71 ^{a,b} (1.50)	6.57 ^{a,b,c} (1.99)	6.57 ^{a,b,c} (1.90)	4.71 ^a (1.70)	7.464	0.000***	a<b<c
Overall wear comfort mean (SD)	7.00 ^{a,b,c} (2.71)	6.57 ^{a,b,c} (1.99)	6.29 ^{a,b} (1.80)	8.29 ^c (0.95)	7.14 ^{a,b,c} (1.07)	7.29 ^{b,c} (1.11)	6.43 ^{a,b,c} (0.79)	5.29 ^a (1.38)			

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

턴의 앞어깨점, 뒤어깨점, 겨드랑점이 3차원상으로 어떻게 착의되는지와 동작 시 진동둘레의 3차원 형태가 어떻게 변화되는지를 예측하는 것은 매우 어려운 일이다. 블라우스 착용시 앞어깨점과 뒤어깨점은 봉제가 되면서 의복의 무게에 의해 어깨 위에서 밀착하게 된다. 반면 의복의 무게에 의해 앞판과 뒷판의 겨드랑 밀점은 봉제된 후 아래로 처지게 된다. 또한 패턴의 어깨각도와 인체의 어깨형상이 서로 상호작용하여 진동둘레선의 커브모양을 결정하게 된다. 본 연구에서는 2차원 패턴 중 어느 것이 기능적이고 심미적인 3차원 진동둘레선으로 착장되는 가를 예측하기 어려운 상황에서 2차원 진동둘레에 미묘한 차이가 있는 다양한 블라우스를 가상착의 해 봄으로써 정자세와 동작 시 의복의 변형이 적은 심미적/기능적 패턴의 진동둘레를 선정해보고자 했다. 우선 가상착의시 블라우스의 진동부분의 착의상태를 알아보기 위하여, 논문에서 정의한 아바타 기준점(어깨점(S), 앞겨드랑점(F), 뒤겨드랑점(B))에서 블라우스와의 수직 공극거리(들뜸)를 각각 측정하였으며, <Table 5>에서 보는바와 같이 세 점에서의

각각의 거리 제곱의 총합(T_1)을 계산한 후 그 제곱근으로 총 공극 거리($\sqrt{T_1}$)를 측정하였다. 그 결과 패턴 2와 4에서만 뒤겨드랑점(B)에서의 공극거리가 각각 1.72 cm, 0.57 cm로 차이가 났으며 그 외에는, 전체적으로 8개 패턴간의 차이는 적게 나타났다. 이는 외관평가 결과 유의미한 차이를 보이지 않은 것과 일맥상통한다고 할 수 있다.

또한 동작 시 진동둘레의 변화를 살펴보기 위하여 동작 1(팔의 수평내전 90°)을 한 경우 8개의 블라우스 패턴을 가상착의 하였으며, 정자세와 동작시 블라우스의 옆목점(N), 어깨점(S), 겨드랑 밀점(U)의 이동량을 측정하고 총 이동량($\sqrt{T_2}$)을 계산하였다(Table 6). 그 결과 pattern 3과 8의 경우 동작 시 이동량이 가장 많았으며, 특히 pattern 3은 겨드랑이 밀점(U)에서의 이동량이, pattern 8은 어깨점(S)에서의 이동량이 가장 크게 나타났다. 이 가상착의 결과는 앞선 인체 착용실험에서의 패턴 이동량과 유사한 것으로서 가상착의에 의한 평가가 객관적인 스크리닝 착의 평가도구로 사용 될 수 있음을 시사한다.

3. 3차원 가상착의와 실제착용평가와의 상관관계

3차원 가상착의방법으로 8개의 블라우스를 평가한 결과와 실제착의 평가 결과와의 관계를 확인하기 위하여 측정된 데이터간 상관관계분석을 실시하였다(Table 7).

그 결과 동작 1을 할 때 3차원 가상착의 후 측정된 어깨점, 겨드랑 밑점의 이동량과 앞판에 대한 주관적 평가 사이에서 부적 상관관계가 있음을 알 수 있었다($p<0.05$). 또한 전체적 착용쾌적감 평가와도 부정적 상관관계를 보였다($p<0.05$). 즉, 3차원상에서 어깨점과 겨드랑 밑점의 이동량이 작을수록 앞판의 동작 용이성이 우수하게 나타났으며($p<0.05$), 전체적 쾌적감 역시 우수하게 나타났으며($p<0.05$). 블라우스 착용 후 동작시 밑단(앞중심)의 이동량과 주관적 평가 사이에서도 부정적 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 블라우스 앞허리밑단의 이동량이 작을수록 앞판, 뒤판의 동작용이성이 우수하게 나타났으며($p<0.05$), 특히 겨드랑 부분의 동작용이성과 전체적 만족도는 매우

좋게 나타났다($r=-0.93$ & $r=-0.88$, $p<0.01$). 즉, 동작 시 블라우스의 진동돌레 부분의 기준점과 기준선들의 이동이 적을수록 착용자가 느끼는 주관적 만족도(동작용이성, 쾌적감)가 높다는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과는 한 팔을 90° 수평 내전하는 동작 1로도 3차원 가상착의 결과가 블라우스 패턴간의 미묘한 차이를 충분히 반영할 수 있음을 시사하고 있으며, 3D CLO를 이용한 평가가 착용감을 평가하는 객관적인 도구가 될 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

4. 블라우스 패턴의 전반적인 평가 결과

앞서 측정된 8개의 블라우스 패턴에 대하여 기본 동작 자세인 동작 1에 대하여 아바타를 이용한 평가와 실제 착용 평가에서의 동작 시 단의 이동량 평가 결과를 <Figure 4>에 종합적으로 도식화 하였다. 이 때 데이터는

<Table 5> Distance from the three reference points (shoulder, front armpit, back armpit point) of virtual blouses worn on the human body model in a standard standing position (Motion 0)

(unit: cm)

Location of measurement in body model	Type of pattern			Pattern				
	1	2	3	4	5	6	7	8
Shoulder point (S)	0.42	0.45	0.45	0.44	0.41	0.45	0.48	0.43
Front armpit (F)	2.43	2.36	1.98	2.12	2.43	2.20	2.11	2.14
Back armpit (B)	0.71	1.72	0.63	0.57	0.56	0.86	0.60	0.84
$T_1=S^2+F^2+B^2$	65.59	87.09	45.14	50.40	63.79	57.70	50.44	54.51
$\sqrt{T_1}$ (total distance)	2.56	2.95	2.12	2.25	2.53	2.40	2.25	2.33

<Table 6> Displacement from the three reference points (neck, shoulder, side seam points) of virtual blouses worn on the human body model during Motion 0 and Motion 1

(unit: cm)

Location of measurement in body model	Type of pattern			Pattern				
	1	2	3	4	5	6	7	8
Neck point (N)	1.76	1.16	1.20	1.31	1.32	1.35	1.29	1.74
Shoulder point (S)	4.92	4.40	4.76	4.42	4.46	4.64	4.82	5.52
Under armpit at the Seam (U)	3.49	3.01	5.48	3.07	3.62	3.14	3.71	4.44
$T_2=N^2+S^2+U^2$	394.63	297.94	541.24	306.69	347.22	331.93	386.35	532.73
$\sqrt{T_2}$ (total distance)	6.28	5.46	7.36	5.54	5.89	5.76	6.22	7.30

<Table 7> Correlation coefficient between the displacement in 3D virtual fitting and actual evaluations in the wear test

			3D virtual fitting			Wear test		Subjective evaluation		
			N	S	U	CF	SS	F	A	B
3D virtual fitting	S	Correlation	0.70	1						
		<i>p</i>	0.06							
	U	Correlation	-0.01	0.54	1					
		<i>p</i>	0.97	0.17						
Wear test	CF	Correlation	0.33	0.64	0.43	1				
		<i>p</i>	0.43	0.09	0.29					
	SS	Correlation	-0.08	0.39	0.39	0.44	1			
		<i>p</i>	0.84	0.34	0.34	0.27				
Subjective evaluation	F	Correlation	-0.18	-0.81*	-0.80*	-0.76*	-0.65	1		
		<i>p</i>	0.67	0.02	0.02	0.03	0.08			
	A	Correlation	-0.40	-0.59	-0.32	-0.93**	-0.20	0.62	1	
		<i>p</i>	0.33	0.12	0.43	0.00	0.63	0.10		
	B	Correlation	-0.32	-0.45	-0.25	-0.81*	-0.56	0.52	0.81*	1
		<i>p</i>	0.44	0.27	0.55	0.01	0.15	0.18	0.02	
Total	Correlation	-0.27	-0.79*	-0.60	-0.88**	-0.52	0.93**	0.78*	0.59	
	<i>p</i>	0.52	0.02	0.12	0.00	0.19	0.00	0.02	0.13	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Note: Parameter N is displacement of side neck point, S is displacement of shoulder point and U is displacement of under armpit at seam in 3D virtual fitting. Parameter CF is displacement of hem line at center front, and SS is displacement of hem line at side seam in wear test. F, A and B are the subjective evaluations of movability of arm at front bodice, armpit and back bodice. Total is overall wear comfort value.

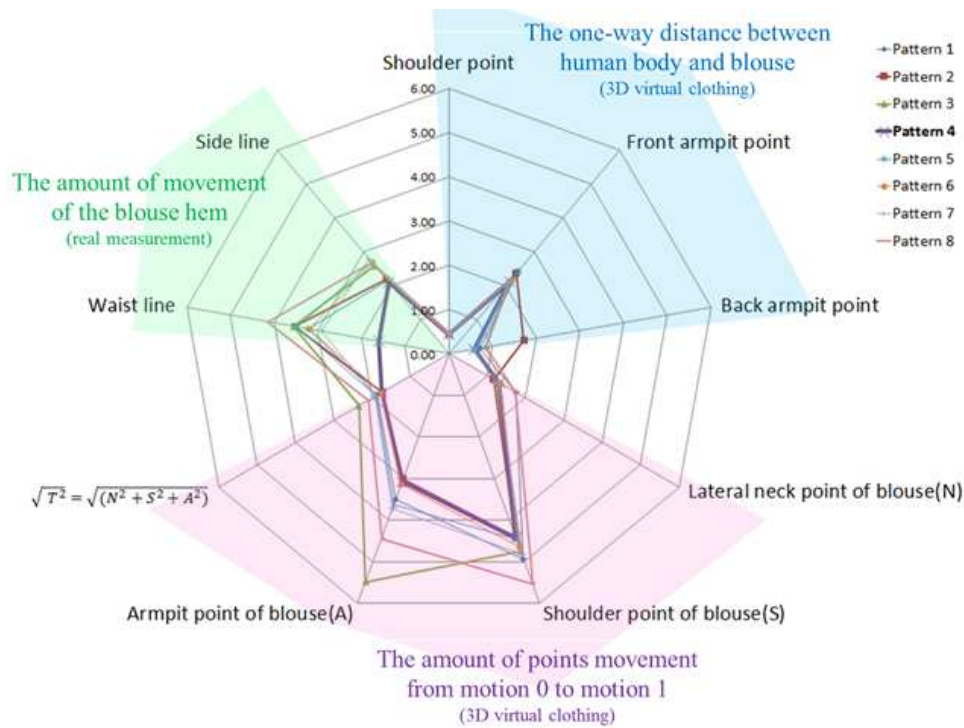
표준화 값을 사용하여 객관적인 비교가 용이하게 하였다. 실제 착용 후 동작 시 기준선의 이동량은 옆선, 허리선에서 모두 패턴 4가 가장 적게 이동하였고 패턴 2, 8이 많이 이동하였다. 또한 가상 착의 정자세 시 블라우스와 인체의 공극거리(들뜸)를 살펴본 결과 뒤겨드랑짐 부분에서 패턴 4와 5의 여유분이 가장 적게 나타났으며, 패턴 2가 가장 크게 나타났다. 가상 착의 후 동작 시 아바타의 목옆점, 어깨점, 앞겨드랑이점, 뒤겨드랑이점으로부터 각 블라우스 암홀라인에서의 대응점까지의 거리를 각점에서 또한 총합으로 살펴본 결과 겨드랑미점과 전체적인 이동량이 패턴 4에서 가장 작게 나타났고 패턴 3이 가장 크게 나타났다.

3차원 가상착의시의 객관적 평가 결과와 주관적 착용감의 상관관계 결과를 통해 동작 시 이동량이 적을수록 주관적 착용감과 동작용이성이 우수하였기 때문에, 실제 착의 결과와 3차원 가상착의 결과에서 모두 패턴 4가 종합적으로 우수한 패턴임을 알 수 있었다. 상대적으로 패턴 2, 3, 8번이 기능적으로 심미적으로 좋지 않은 블라우스는 입을 알 수 있었다.

이에 평가가 가장 우수한 패턴 4와 열등한 패턴 2, 3

& 4를 대상으로 앞서 <Table 1>에서 설정한 변인에 기반하여 <Table 8>에서 보는바와 같이 각 요소별로 다른 패턴에 비하여 크게 설정한 것은 +로 작게 설정한 것은 -로 정리하여 분석하였다.

패턴 4는 동작 시 착용감이 우수한 블라우스 패턴으로 그 변인 별 특징을 살펴보면, 상대적으로 뒤 어깨길이는 길고(+), 뒤폭은 크고(+), 앞과 뒤 진동깊이는 작고(-), 앞과 뒤의 어깨각도가 유사한 것으로 나타났다. 반면 착용감 결과가 좋지 않았던 패턴 2, 3 & 8 블라우스는 앞의 변인들 중 적어도 하나 이상을 만족시키지 못했다. 그 의미를 살펴보면 다트가 없는 블라우스 몸판 패턴의 경우 뒤의 어깨길이가 긴 것은 앞과 뒤의 어깨 길이 차이가 있게 되어 봉제 시 이즈(ease)처리로 견갑에 자연스럽게 볼륨을 형성시켜주면서 정자세 및 동작 1과 같은 팔의 수평 내전에 도움이 된 것으로 보인다. 또한 패턴 4의 앞 진동깊이가 다른 패턴에 비해 짧음을 알 수 있었는데, 앞판의 진동깊이가 커지면 진동아래쪽에 여유분이 많아지고 이는 동작시 블라우스 밑단의 이동량이 많아지게 되는 원인이 되어 외관뿐 아니라 동작 시 불편함을 야기시킬 수 있리라 사료된다.



[Figure 4] Overall objective evaluation measured by hemline displacement in wear test, distance between human body and virtual blouse and displacement of the armhole line of blouse during arm movement

<Table 8> Comparison of the pattern variables of four blouses

Pattern	Upper back width (cm)	Armscye depth		Shoulder length		Shoulder slope		Differences in back and front shoulder	
		Back (cm)	Front (cm)	Back (cm)	Front (cm)	Back (°)	Front (°)	Slope (°)	Length (cm)
2	20.0 (+)	18.6 (+)	17.0 (+)	14.5 (-)	14.5	23.6 (-)	20.5 (-)	3.1	0
3	18.0 (-)	18.0 (-)	17.0 (+)	15.4 (+)	14.5	23.6 (-)	20.5 (-)	3.1	0.9
8	20.0 (+)	18.0 (-)	17.0 (+)	15.4 (+)	14.5	23.6 (-)	20.5 (-)	3.1	0.9
4	20.0 (+)	18.0 (-)	16.5 (-)	15.4 (+)	14.5	23.6 (-)	22.5 (+)	1.1	0.9

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 가상착의방법으로 아바타의 거드랑이 돌레에 대응하는 민소매 블라우스 진동돌레 형태 변화를 정량적으로 평가할 수 있는가를 검증함으로써, 기능적/심미적으로 우수한 블라우스의 진동돌레 특징을 찾아내고 이를 통하여 가상착의의 활용도를 확대하고자 하였다. 방법으로는 어깨길이, 뒤폭, 암홀깊이, 어깨각도를 패턴의 변인으로 하여 총 8개의 블라우스 몸판 패턴에서 진동돌

레를 다양하게 설계한 후 이들을 가상착의와 실제 착의 평가를 하여 비교하였다. 3차원 가상착의 평가에서는 20대 평균 여성 아바타에 정자세 시 의복과 인체사이의 거드랑 부위 간격을 측정하였으며, 동작 시 진동돌레를 구성하는 기준점이 이동한 거리를 측정하였다. 실제 착의평가에서는 팔의 수평 내전 시 옆술기와 앞중심의 밑단 이동량을 측정하였고, 착용쾌적감과 외관평가를 진행하였다.

그 결과 팔동작 시 착용감이 우수한 블라우스 패턴은 상대적으로 뒤 어깨길이가 길고, 뒤폭은 크고, 앞과 뒤 진

동깊이는 짧고, 앞과 뒤의 어깨각도가 유사한 패턴 4 블라우스로 나타났다. 패턴 4 블라우스는 겨드랑부분에서 인체와의 공극거리(들뜸)가 적음에도 동작시 착용감이 가장 우수하고 밑단의 이동량이 적음을 알 수 있었다. 즉, 최적의 블라우스 패턴이 다른 패턴들에 비해 전반적인 객관적 평가 결과, 3차원 가상착의 방법과 실제 착의시 측정값 모두 변형이 일관되게 낮음을 확인하였다. 이 결과를 통해 블라우스의 기능적 측면을 평가하는데 있어서 3차원 가상착의 평가 방법이 정량적 측면에서도 높음을 알 수 있었다.

그러나 본 연구는 한 가지 소재에 국한되었으며, 블라우스 몸판 패턴에서 진동돌레변인만을 중점을 두어 연구된 논문으로 가상 착의 시 진동돌레의 이동 평가를 용이하게 관찰하기 위해 소매 없이 블라우스 몸판만으로 관찰을 진행하였고 실제 착의는 진동돌레 착용감을 용이하게 평가하기 위하여 같은 소매를 봉제하여 평가한 것에 제한점이 있다. 추후에는 다트가 있거나 소매와 패턴이 봉제된 의복을 대상으로 한 3차원 가상착의 평가방법에 대한 심층 연구가 필요하다. 본 연구에서 진동돌레가 미묘하게 달라도 이것이 3차원 가상 착의에 반영될 수 있음을 발견하여 가상착의가 진동부위 기능성을 스크리닝 할 수 있음을 발견한 점과 관찰하기 어려운 인체 및 의복의 겨드랑부위를 함께 대응시키면서 3차원 기술로 정량적으로 분석한 것에 의의가 있다.

주제어 : 3차원 가상착의, 블라우스 원형 패턴, 암홀라인, 팔동작시 위치변화

REFERENCES

- Ashdown, S. P., Loker, S., Schoenfelder, K., & Lyman-Clarke, L. (2004). Using 3D scans for fit analysis. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4(1), 1 - 12.
- Bye, E., & McKinney, E. (2010). Fit analysis using live and 3D scan models. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 22(2/3), 88 - 100.
- Chen, C. M. (2007). Fit evaluation within the made-to-measure process. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 19(2), 131 - 144.
- Chen, Y., Zeng, X., Happiette, M., Bruniaux, P., Ng, R., & Yu, W. (2008). A new method of ease allowance generation for personalization of garment design. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20(3), 161 - 173.
- Cho, K. H., & Machiko, M. (2008). A Study on the Pattern Making Theory for Steeve Cap Part of Sleeve Pattern Appropriate for the Characteristics of Arm Form. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(4), 641 - 650.
- Choi, S., & Ashdown, S. P. (2010). 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions. *Textile Research Journal*, 0040517510377822, 1-13
- Daanen, H., & Hong, S. A. (2008). Made-to-measure pattern development based on 3D whole body scans. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20(1), 15 - 25.
- Do, W. H., & Park, H. J. (2010). A study on the fit preferences of knitted jackets according to body types using a 3D virtual try-on system-Focus on adult women in their 30's and 40's. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(10), 1632 - 1646.
- Fontana, M., Rizzi, C., & Cugini, U. (2005). 3D virtual apparel design for industrial applications. *Computer-Aided Design*, 37(6), 609 - 622.
- Han, J., & Jo, J. (2000). A study on appropriate size tolerances for the female shirts blouse of the stretchable fabric. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 24(3), 289 - 300.
- Kim, H. S., & Na, M. H. (2013). Effects of bending properties and drapability on the hand and appearance of wool-blended Fabrics: Comparison of real clothing with online and 3D virtual garments. *Fibers and Polymers*, 14(12), 2148 - 2156.
- Kim, S. (2011). Determination of fabric physical properties for the simulation of Cusick drapemeter. *Fibers and Polymers*, 12(1), 132 -

- 136.
- Kim, Y. H. (2009). Differences of Sleeve Cap Height & Circumference on the Improvement of Arm Mobility for Female Bodice Sloper-Concentration on the Measurement of Range-of-Motion Test Method. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(8), 1181 - 1189.
- Lee, J., & Lee, J. (2013). Comparison on the pants fitting for obese women between 3D virtual garment and real garment. *Fashion Business*, 17(2), 33-45.
- Lee, M. H. (2010). A Change of the Gap in Dressed Blouses with Above-elbow Sleeves and Sleeveless According to Arm Movements. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(11), 1779 - 1785.
- Lim, H., & Istook, C. L. (2011). Drape simulation of three-dimensional virtual garment enabling fabric properties. *Fibers and Polymers*, 12(8), 1077 - 1082.
- Rudolf, A., Cupar, A., Kozar, T., & Stjepanović, Z. (2015). Study regarding the virtual prototyping of garments for paraplegics. *Fibers and Polymers*, 16(5), 1177 - 1192.
- Shin, J. H., & Sohn, H. S. (2013). A study on the development of basic bodice block pattern by women's body type from 3D virtual clothing system: Focusing on early 20's women. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 15(2), 1-13.
- Sohn, M., & Bye, E. (2014). Exploratory study on developing a body measurement method using motion capture. *Clothing and Textiles Research Journal*, 32(3), 170 - 185.
- Song, H. K., & Ashdown, S. P. (2015). Investigation of the Validity of 3-D Virtual Fitting for Pants. *Clothing and Textiles Research Journal*, 33(4), 314 - 330.
- Song, Y. H., & Jo, J. S. (2009). Development of the Blouse Block Pattern for 7 Years Old Girls. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(2), 187 - 199.
- Sul, I. H., Kang, T. J., Kim, S. M., & Chi, Y. S. (2006). Simulation of Cusick drapemeter using particle-based modeling: stability analysis of explicit integration methods. *Textiles Research Journal*, 76(9), 712 - 719.
- Varghese, N., & Thilagavathi, G. (2012). Fit of Sari Blouse: Influencing Parameters and Assessment. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 7(4), 1-19.
- Wessendorf, A. M., & Newman, D. J. (2012). Dynamic understanding of human-skin movement and strain-field analysis. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 59(12), 3432 - 3438.
- Xu, J. H., Chen, X. F., & Zhang, W. B. (2009). A Study on Area Ease Distribution between Body and Garment. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 2(2), 101 - 107.

Received 5 October 2016;

1st Revised 24 November 2016;

Accepted 26 November 2016