

A study on the design features for sports bra styles according to treadmill running speeds and bra cup sizes

Yumi Jang, Jongsuk Chun[†], Haedong Lee* and Boram Han*

Dept. of Clothing & Textiles, Yonsei University, Korea

Dept. of Physical Education, Yonsei University, Korea*

러닝 속도와 브라 컵 사이즈에 따른 스포츠브라 디자인 요소 선택에 관한 연구

장유미 · 천종숙[†] · 이해동* · 한보람*

연세대학교 생활과학대학 의류환경학과

연세대학교 교육과학대학 체육교육학과*

Abstract

Many women feel pain in their breasts while running due to an excessively large degree of breast movement. Therefore, most sports bras pursue a reduction in breast movement. The purpose of this study is to investigate the breast movement reduction effect of a selection of sports bra designs according to the intensity of the sport and the breast size of the wearer. The study measured differences in the vertical movement of the nipple with 4 types of sports bras and 3 exercise speeds(4km/h, 7km/h, and 10km/h). Subjects included women in their 20s with bra sizes of either B cup(n=3) or C cup(n=3). The results of the study are as follows. Breast movement differed according to running speed and breast size; breast movement significantly increased starting with jogging speed(7 km/h), and the C-cup group had a larger degree of vertical movement than the B-cup group. A superior effect on breast movement during jogging(7km/h) and sprinting(10km/h) was observed differently by bra cup sizes. To C-cup group, encapsulation-style sports bra, which provides horizontal support across the upper breast and padding inside the shoulder strap and bra cup to ease impact was most effective and next effective style was the compression-style bra with a princess line to cover the breasts solidly. Most style sports bra were effective in the B-cup group. Besides aforementioned encapsulation-style sports bra, the compression-style bra with a band, which presses the breasts against the chest wall, reduced breast movement effectively.

Keywords: breast vibration(유방 진동), sports bra design(스포츠브라 디자인), bra cup size(브라 컵 사이즈)

I . Introduction

최근 건강과 아름다운 몸매를 유지하기 위해 운동에 참여하는 여성 인구가 증가하고 있으며, 체지방 감소와 체력증진 효과가 큰 러닝을 선택하는 여

Received 13 December 2012, revised 12 February 2013, accepted 15 February 2013.

본 논문은 2012년 연세대학교 학술연구지원비의 지원을 받아 수행된 것임.

[†] Corresponding author (jschun@yonsei.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성들이 증가하고 있다. 그러나 러닝 시 여성들의 유방 진동이 크기 때문에, 이에 따른 통증을 감소시키기 위해서는 스포츠브라의 착용이 필요하다("Lighter and more comfortable", 2012).

러닝 시 여성의 유방은 전후, 좌우, 상하로 입체적인 진동궤적을 그리면서 진동한다. 과도한 유방의 진동은 유방 부위의 통증을 가져오며, 유방의 구조적 지지 기능을 하는 쿠퍼 인대의 손상 가능성을 높인다(White, Scurr, & Smith, 2009). 따라서 운동 시 유방 진동을 감소시켜 유방 부위의 통증을 줄이고, 쿠퍼 인대 손상에 따른 유방의 하수 현상도 예방할 수 있는 방안이 필요하다(Haake & Scurr, 2010).

스포츠브라는 디자인에 따라 러닝 시 유방의 진동을 감소시켜주는 효과가 다르며(Scurr, White, & Hedger, 2011), 착용감도 다르다(Chun & Jang, 2012). 따라서 해외 스포츠브라 브랜드들은 운동의 강도와 유방의 크기를 고려하여 스포츠브라 선택 기준을 제시함으로써 소비자들이 자신에게 적합한 스포츠브라의 스타일을 선택할 수 있도록 하고 있다(Chun & Jee, 2011). 그러나 아직 우리나라 소비자들의 체형 특성과 운동 강도를 고려한 스포츠브라 스타일 선택 기준은 제시되지 않은 상태이다(Lee, 2007).

국내 여성들이 운동 속도와 브라 컵 사이즈에 따라 스포츠브라를 선택할 수 있는 기준을 제시하기 위해서는 국내 여성들을 대상으로 러닝 시 유방의 진동 특성을 측정할 데이터가 필요하다. 그러나 여성의 유방 진동 특성을 분석한 대부분의 선행 연구들은 서양 여성을 피험자로 하여 실험한 결과들이며, 한국 여성들을 대상으로 유방의 진동 특성을 분석한 연구는 거의 없다. 이러한 연구가 활성화되지 못한 원인으로는 먼저 피험자 모집의 어려움을 꼽을 수 있다. 유방 진동 특성을 측정하는 연구는 여성의 민감한 부위를 대상으로 이루어지며, 이 때문에 피험자를 원활히 모집하기 어렵다. 또 다른 원인으로서는 한국 여성의 유방 사이즈가 서양 여성보다 작으므로 운동 시 유방 진동의 문제가 크지 않다는 인식을 들 수 있다. 그러나 최근 한국 여성들의 유방 크기가 증가하는 경향을 보이고 있으므로("The figure", 2010) 큰 유방을 가진 여성들을 대상으로 한 유방의 진동 특성 측정 데이터 분석을 바탕으로 스포츠브라 선택 기준 설정 연구가 필요하다.

II. Theoretical Background

1. Breast vibration at running

운동 시 나타나는 과도한 유방 진동은 유방을 지지하는 쿠퍼 인대를 영구적으로 손상시킬 수 있으며(Page & Steele, 1999), 유방의 하수 현상을 초래한다(White et al., 2009). 또한 상완, 목, 척추의 통증을 유발시킬 수도 있다(Wood, Cameron, & Fitzgerald, 2008). 이러한 문제점은 유방이 큰 여성들이 운동을 기피하게 하는 중요한 원인이 될 수 있다(McGhee, Steele, & Power, 2007). 운동 기피 현상은 체중 증가를 심화시키는 원인이 되며, 체중 증가는 유방의 용적 증가를 가져와 운동 기피 현상을 더욱 가중시키며, 궁극적으로는 심각한 건강 문제를 야기시킬 수 있다(McGhee, Steele, Zealey, & Takacs, 2012). 대부분의 선행 연구들은 유방의 크기가 큰 여성들을 대상으로 유방 진동 특성을 연구하였으며(Haake & Scurr, 2010; McGhee et al., 2012), 해외 스포츠브라 브랜드에서는 주로 B컵 이상 사이즈의 스포츠브라를 판매하고 있다(<http://www.lessbounce.com>).

유방 진동을 정량적으로 측정할 수 있는 선행 연구들은 스포츠브라를 착용한 상태에서 러닝 시 유방 진동이 억제되는 효과가 있음을 보여주고 있으며(White et al., 2009; Chang, Gao, & Yan, 2009), 스포츠브라 착용에 따른 여성 유방의 진동 감소 효과를 역학적으로 규명하기 위하여 3차원 동작 분석 시스템을 이용하여 유방의 진동 데이터를 수집하여 분석하고 있다(McGhee, Steele, & Zealey, 2010).

유방의 진동 특성을 3차원 동작 분석을 통해 파악하는 방법으로는 상체의 움직임과 유두점의 움직임 데이터를 비교하여 파악하는 방법이 사용되고 있다(Haake & Scurr, 2010). 또한, 유방은 전후, 좌우, 상하 방향으로 입체적인 궤적을 그리며 진동하는데, 이 중 상하 진동 횟수가 가장 많으며, 진동 폭도 큰 경향성을 보이므로, 유방 진동 특성은 주로 상하 방향의 진폭을 중심으로 연구된다.

쾌적하고 효율적인 운동을 하기 위해서는 적절한 운동용 속옷의 착용이 필요하다(Na, Kim & Jung, 2002). 일상적으로 브라는 유방을 보호하고 가슴이 커 보이거나 작아 보이기 위한 심미적인 목적으로 착용된다(Aspan & Stark, 2006). 그러나 스포츠브라

의 주요 기능은 운동 시 유방 진동을 억제하여 유방 통증을 감소시키고, 유방을 지지하는 쿠퍼 인대의 손상을 예방하는 것이다(Haake & Scurr, 2010). 이러한 특성의 차이 때문에 운동을 즐기는 여성들에게 스포츠브라의 착용은 필수적인 조건으로 부각되고 있으며, 판매량도 꾸준히 증가하고 있다("Online shopping", 2012).

운동 시 여성들이 경험하는 과도한 유방 진동에 따른 유방 통증을 완화시키는 방안을 연구한 선행 연구는 유방 통증 완화를 호르몬 억제제를 처방하는 것보다 스포츠브라를 착용하는 것이 부작용 없이 유방 통증을 감소시킬 수 있는 방안이라고 주장하였다(Maha, 2000). 또 다른 선행 연구는 유방이 큰 여성들의 경우 유방을 올려주고 압박해 주는 기능이 있는 스포츠브라가 운동 시 유방 통증을 감소시켜 주며, 착용감을 향상시킨다고 하였다(McGhee & Steele, 2010).

스포츠브라에 대한 국내 연구들은 대부분 설문 조사를 통해 스포츠브라의 만족도 및 착용효과(Lee, 2007), 스포츠브라 컵 소재의 적절성(Sohn, 1994), 스포츠브라의 착용감(Choi & Sohn, 1996) 등을 연구하였다. 그러나 스포츠브라의 착용이 국내 여성들에게 어느 정도의 유방 진동 감소 효과를 나타내는지에 대한 정량적인 연구는 아직 활발히 이루어지지 않고 있다.

2. Design of sports bra

스포츠브라는 운동 시 여성의 유방 진동을 감소시키는 기능을 극대화시킬 수 있도록 설계되어야 한다(Krezer, Starr, & Branson, 2005). 이를 위하여 스포츠브라들은 신체 치수보다 작게 만들어지며, 앞중심과 뒤중심높이가 높은 스타일이 많다(Chun, Choi, Park, & Jang, 2010). 앞중심과 날개 밴드가 넓은 스포츠브라가 운동 시 유방의 진동을 감소시키는 효과를 나타낸다(Lee, 2007). 스포츠브라는 스타일에 따라 압박감과 착탈의 용이성이 다르다(Chun & Jang, 2012). 위의 연구 결과들은 스포츠브라 디자인 요소가 기능성과 관련이 있음을 시사한다.

스포츠브라의 디자인은 브라 컵의 유무에 따라 크게 콤프레션(compression) 스타일과 인캡슐레이션(encapsulation) 스타일로 나뉜다. 콤프레션 스타일은 브라 컵과 밴드를 구분하지 않고 넓은 띠 형태로 가슴을 압박하여 유방을 흉벽에 부착시키는 스타일이다. 반면 인캡슐레이션 스타일은 좌우 유방을 각각 커버하기 위하여 브라 컵이 밴드와 분리되어 있는 스타일이다(Page & Steele, 1999).

스포츠브라 스타일에 대한 선행 연구들은 운동 시 유방 진동을 억제해 주는 효과가 콤프레션 스타일보다 인캡슐레이션 스타일에서 더 크게 나타난다고 하였다(Bowles, Steele & Munro, 2008; Chang et al., 2009). 한편, 또 다른 선행 연구는 유방의 사이즈에 따라 유방 진동 억제 효과를 나타내는 스타일이 다르다고 하였다. 유방이 작은 여성들(A 또는 B컵)에게는 콤프레션 스타일이 유방 진동을 억제 해주나 유방이 큰 여성들(C컵 또는 D컵)에게는 인캡슐레이션 스타일이 더 효과적이라고 한다(Page & Steele, 1999). 또한 콤프레션과 인캡슐레이션 두 가지 스타일의 장점을 결합한 하이브리드 형태의 스타일이 기능성뿐만 아니라, 심미적인 부분까지 충족시킬 수 있다고 한다(Krezer et al., 2005).

2000년부터 2010년까지의 10년간 국내 브라 판매 수치를 분석한 자료에 의하면, A컵 브라의 판매율은 감소하는 반면, B컵과 C컵 브라의 판매율은 증가하는 경향을 보였다("The figure", 2010). 이와 같은 자료는 한국 여성의 유방 크기가 증가하는 경향을 보여준다. 그러나 국내에서는 B컵 이상의 큰 유방을 가진 여성을 대상으로 유방의 진동 특성을 측정하는 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 유방 사이즈가 큰 20대 한국 여성을 대상으로 걷기, 조깅, 빠른 속도의 러닝 운동 상태에서 스포츠브라의 스타일에 따른 유방 진동 감소 효과를 파악하였다.

III. Methods

1. Subjects

스포츠브라 스타일에 따른 유방의 진동 측정 실험은 B컵과 C컵 브라 사이즈에 해당하는 20대 여성을 연구대상으로 이루어졌다. 피험자로는 20대 여성들이 가장 많이 착용하는 브라 밴드 사이즈인 '75'를 기준으로 좌우 유방의 크기가 비교적 유사

〈Table 1〉 Body measurements of the subjects by bra cup size

Subjects		Bust G. (cm)	Under bust G. (cm)	Bust G. - Under bust G. (cm)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI
B-group (n=3)	1	87.4	75.5	11.9	164.3	54.5	20.3
	2	88.0	74.5	13.5	162.0	54.7	20.9
	3	87.6	74.1	13.5	160.0	54.6	21.3
	Mean	87.7	74.7	13.0	162.2	54.6	20.8
C-group (n=3)	4	89.3	74.0	15.3	160.5	61.0	23.8
	5	91.2	75.0	16.2	158.2	66.4	26.7
	6	91.0	75.5	15.5	160.2	58.6	22.9
	Mean	90.5	74.8	15.7	159.6	159.6	24.5

한, 75B 사이즈 피험자(n=3)와 75C 사이즈 피험자(n=3)를 선정하였다.











선정된 피험자(n=6)들의 밑가슴둘레는 74.0~75.5cm이었으며, 가슴둘레는 B컵 피험자(n=3)들은 87.4~87.6cm, C컵 피험자(n=3)들은 89.3~91.2cm이었다. 브라 컵 사이즈를 나누는 기준인 가슴둘레와 밑가슴둘레 차이가 11.9~13.5cm에 분포하는 피험자는 B컵으로 분류하였고, 15.3~16.2cm에 분포하는 피험자는 C컵으로 분류하였다(Table 1). 피험자들의 키는 158.2~164.3cm이었고, 몸무게는 54.5~66.4kg이었다. 비만도 지수(BMI)는 B컵 피험자들은 20.3~21.3이었고, C컵 피험자들은 22.9~26.7이었다.

2. Characteristics of experimental sports bra

연구용 스포츠브라는 선행연구(Page & Steele, 1999)에서 제시한 브라 컵 요소의 유무를 기준으로 콤프레션 스타일과 인캡슐레이션 스타일로 나누어 각각 2종씩 선정하였다(Fig. 1). 콤프레션 스타일 브라(C1, C2)는 어깨끈이 중앙으로 모이는 레이스백(racer back) 스타일이었으며, 이 중 C1의 전면은 브라 컵 요소는 없으나, 프린세스 라인이 있어 유방의 입체적인 모양이 유지될 수 있도록 구성되어 있었으며, C2의 전면은 띠 형태의 단순한 구조이었다. 인캡슐레이션 스타일 브라(E1, E2)는 좌우 컵의 형태는 포함하나 언더와이어는 없었으며, 후면은 낮은 U자 형태의 디자인이었다. E1은 앞 중심이 높고 어깨끈에 패드가 삽입되어 있으며, 어깨끈길이 조

절이 가능한 구조이며 뒤여밈 장치가 있었다. E2는 앞중심이 낮고 위로 입고 벗는 스타일이었다. 이외에도 여성들이 자연스럽고 편안하게 착용하는 일상용 브라 중 유방의 지지 기능이 거의 없는 비교용(control) 브라도 선정하였다. 비교용 브라는 앞중심이 매우 낮고 와이어가 없는 브라 컵 형태를 가지고 있었으며, 뒤여밈 없이 위로 입고 벗는 스타일이었다. 모든 연구용 브라는 브라 컵 내부에 유방 전체를 커버하는 컵 패드는 없었다.

연구용 스포츠브라의 제품 치수는 앞중심높이(a), 밑가슴 전체 밴드둘레(b) 및 옆날개높이(c)를 측정하였다. 전반적으로 앞중심높이(a)가 높았으며, 콤프레션 스타일(C1, C2)과 인캡슐레이션 스타일(E1)의 앞중심높이(a)는 16.3~17.6cm이었다. 앞중심높이(a)가 가장 낮은 스타일(E2)도 비교용 브라보다 3.3cm 더 높았다. 밑가슴 전체 밴드둘레(b) 치수는 B컵과 C컵 피험자 집단의 평균 밑가슴둘레(B컵: 74.7cm, C컵: 74.8cm)보다 7.4~23.8cm 더 작았고, 브라 컵 사이즈에 따라서도 0.2~1.4cm 차이를 나타내었으며, C1(66.0~67.4cm), E1(61.2~63.0cm), E2(59.6~59.8cm), C2(51.0cm)의 순이었다. 옆날개높이(c)는 콤프레션 스타일(C1, C2)과 인캡슐레이션 스타일(E1)이 다른 인캡슐레이션 스타일(E2)보다 약간 더 높았다. C2는 B컵과 C컵 사이즈를 혼용하는 제품이었으며, E1과 E2는 B컵과 C컵 사이즈를 분리하여 판매하였으나, 밑가슴 밴드둘레(b) 치수만 약간 다른 특성을 보였다. 비교용 브라는 프리사이즈(free size)이었다(Fig. 1).

Bra type	Design		Characteristics	
	Front	Back	Detail	Size measurement (Unit: cm)
Compression sports bra C1			<ul style="list-style-type: none"> · No cup · Racer back · Pull over style 	Size(B,C) · a : 17.0, 17.2 · b : 66.0, 67.4 · c : 10.9, 12.2
C2			<ul style="list-style-type: none"> · No cup · Racer back · Pull over style 	Size(B/C) · a : 16.3 · b : 51.0 · c : 11.7
Encapsulation sports bra E1			<ul style="list-style-type: none"> · No wire · Padded & adjustable straps · Hook & eye fastening at CB 	Size(B,C) · a : 17.5, 17.6 · b : 61.2, 63.0 · c : 12.6, 12.6
E2			<ul style="list-style-type: none"> · No wire · Pull over style 	Size(B,C) · a : 7.8, 7.8 · b : 59.6, 59.8 · c : 8.2, 8.2
Control bra			<ul style="list-style-type: none"> · No wire · Pull over style 	Size(Free) · a : 4.5 · b : 58.0 · c : 6.2

<Fig. 1> Characteristics of experimental bras.

Note: Brand name and style number (Fabric contents) of experimental bras

- C1 : Casall 1620 (45% Polyamide, 41% Polyamide, 14% Elasthane)
- C2 : Dans-ez 2in1 croptop (45% Cotton, 45% Polyester, 10% Lycra)
- E1 : Purelime 0098 (100% Polyester)
- E2 : Thuasne Force2 (57% Polyester, 36% Polyamid, 7% Elasthane)
- Control bra : Sweet pink 104 (96% Cotton, 4% Polyester)

3. Measurement and analysis of breast vibration range

피험자들이 연구용 스포츠브라(C1, C2, E1, E2)와 비교용 브라를 각각 착용하고, 러닝머신 위에서 워킹(4km/h), 조깅(7km/h), 스프린팅(10km/h)의 속

도로 각각 3분(180sec)씩 뛰는 상태에서 마지막 30초 동안의 유방의 진동 특성을 측정하였다(Fig. 2). 유방의 진동 특성을 측정하기 위한 기준점은 선행 연구(Haake & Scurr, 2010)에 따라 좌우 유두점과 앞목점 및 좌우 10번째 갈비뼈의 하단 끝점(left

Walking ← 4km/h →		Jogging ← 7km/h →		Sprinting ← 10km/h →	
150sec	30sec	150sec	30sec	150sec	30sec
F.P	R.P	F.P	R.P	F.P	R.P

<Fig. 2> Experimental process for recording breast vibration amplitude (Unit: sec)

Note: F.P - familiarization period, R.P - record period



<Fig. 3> Placement points of passive markers

and right anterior inferior 10th ribs)으로 선정하였다. 이 중 앞목점과 좌우 갈비뼈 하단 끝점은 상체 전체 움직임을 기준으로 유두점 좌표 값을 파악하기 위한 기준점으로 사용하였다. 각 기준점에는 14mm 반구형의 반사 마커(passive marker)를 부착하였다 (Fig. 3). 피험자들은 각 실험복에 대한 유방 진동 특성 측정 실험을 완료한 후 다른 실험복을 착용할 때까지 충분한 휴식을 취하였다. 연구용 스포츠브라의 착용 순서는 무작위로 하였다. 유방의 진동 범위는 오른쪽 유두점을 기준으로 하여 3차원 동작 분석 시스템(VICON Motion Capture Systems, Ltd, Oxford, UK)으로 측정하였다. 유두점의 진동 범위는 Vicon Nexus 1.7(UK) 소프트웨어로 분석하였다. 통계 분석은 SPSS 18.0프로그램을 사용하였다.

IV. Results and Discussion

1. Characteristics of breast vibration by breast size and running speed

유방의 크기와 러닝 속도에 따른 유방의 진동 특성은 비교용(control) 브라를 착용한 상태에서의 유두점 진동 폭 범위를 활용하여 분석하였다. 유방의 크기에 따른 유방 진동 특성을 파악한 결과, 워킹

<Table 2> Amplitude of the nipple point at walking, jogging, and sprinting speeds: B-group and C-group (Unit: mm)

Velocity Cup size group	Walking (4km/h)	Jogging (7km/h)	Sprinting (10km/h)
B-group	6.29 (2.49)	34.07 (9.49)	37.34 (10.44)
C-group	7.05 (2.70)	44.09 (8.59)	55.41 (10.63)
t-value	-1.48	-5.59***	-8.67***

*** $p < .001$.

Note: The measurement of amplitude of nipple point with donning control bra.

(4km/h) 속도에서는 B컵과 C컵 집단의 유방 진동 폭 차이가 없었으나, 조깅(7km/h)과 스프린팅(10km/h) 속도로 러닝하였을 때에는 C컵 집단의 유방 진동이 B컵 집단보다 크게 증가하였으며($p < .001$), 이는 워킹(4km/h)할 때보다 6-8배 더 큰 진동 폭이었다 (Table 2). 조깅(7km/h) 속도에서는 C컵 집단의 유두점 진동 폭이 B컵 집단보다 평균 10.02mm 크게 나타났다. 더 빠른 스프린팅(10km/h) 속도에서는 C컵 집단의 유두점이 B컵 집단보다 평균 18.07mm 더 크게 진동하였다. 이러한 결과는 운동 속도가 빠를수록, 착용자의 유방 크기가 클수록 유방의 진동 폭이 증가함을 보여준다. 이는 유방이 큰 여성들은 조깅 속도의 운동부터 필수적으로 유방 진동 억제 기능이 강한 스포츠브라의 착용이 필요함을 시사한다.

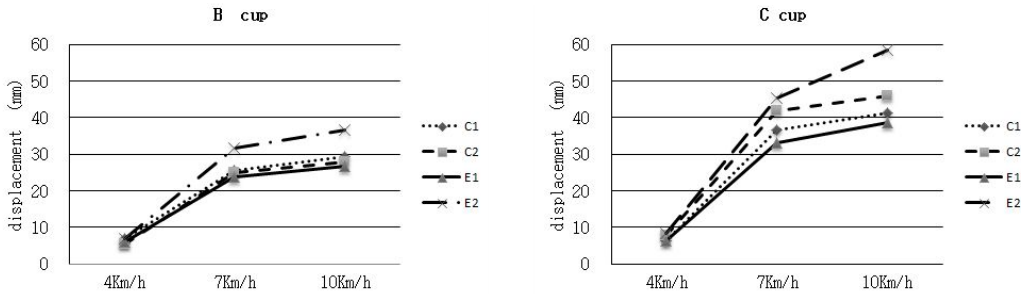
2. Comparison of breast vibration differences by bra cup size

러닝 할 때 나타나는 유방 진동 폭이 브라 컵 사이즈 집단에 따라 어떠한 차이를 보이는지 각 스타

<Table 3> Comparison of breast amplitude of B-group and C-group at walking, jogging, and sprinting (Unit: mm)

Velocity		Walking(4km/h)		Jogging(7km/h)		Sprinting(10km/h)	
Cup size	group	B-group	C-group	B-group	C-group	B-group	C-group
Bra type							
C1	Mean	6.90	6.32	25.49	36.69	29.36	41.34
	(SD)	(2.60)	(3.34)	(8.67)	(12.38)	(8.12)	(11.57)
	t-value	.99		- 5.29***		- 6.05***	
C2	Mean	5.57	7.76	25.02	41.86	27.76	46.07
	(SD)	(1.99)	(3.52)	(7.14)	(15.20)	(6.98)	(14.24)
	t-value	- 3.87***		- 7.16***		- 8.25***	
E1	Mean	6.02	6.22	23.72	33.13	26.64	38.66
	(SD)	(2.45)	(2.95)	(5.02)	(8.83)	(6.29)	(11.67)
	t-value	-.37		- 6.62***		- 6.47***	
E2	Mean	7.01	8.27	31.65	45.49	36.58	58.49
	(SD)	(2.67)	(3.85)	(8.96)	(12.07)	(9.77)	(15.09)
	t-value	- .192		- 6.58***		- 8.71***	

*** $p < .001$.



<Fig. 4> Amplitude of the nipple point: B-group and C-group with donning four types of sports bra style

일별로 분석한 결과 조깅(7km/h)과 스프린팅(10km/h) 속도로 뛸 때에는 모든 스타일에서 C컵 집단이 진동 폭이 B컵 집단보다 크게 나타났다($p < .001$). 그러나 워킹(4km/h) 속도로 걸을 때에는 C2 스타일에서만 두 집단 간 유두점 진동 폭이 유의한 차이가 나타났다($p < .001$, Table 3). 특히 C컵 사이즈 집단은 E2 스타일을 착용하고 스프린팅(10km/h)할 때 다른 스타일에 비해 유방 진동 폭이 현저하게 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 4).

3. Comparison of breast vibration by sports bra style

스포츠브라 스타일에 따른 유방 진동 차이를 비교하기 위하여 두 가지 유방 사이즈 집단의 세 가

지 속도(4km/h, 7km/h, 10km/h)에서 유방 진동 폭을 비교한 결과, 모든 속도에서 스포츠브라 스타일에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 4). 워킹(4km/h)할 때 유방의 진동 감소 효과가 가장 큰 스타일은 B컵 집단의 경우 C2 스타일이었으며, C컵 집단의 경우 E1 스타일이었다. 조깅(7km/h)할 때에는 B컵 집단은 C1, C2, E1 스타일을 착용하였을 때 E2 스타일 착용 시보다 유방 진동 폭이 작게 나타났으며($p < .001$), C컵 집단은 C1과 E1 스타일을 착용하였을 때 유방 진동 폭이 작았다($p < .001$). 이러한 결과는 조깅용 스포츠브라로 B컵 집단에게는 C1, C2, E1 스타일이 적합하며, C컵 집단에게는 C1과 E1 스타일이 적합함을 시사한다.

빠르게 달리는 스프린팅(10km/h)의 경우, B컵

<Table 4> Comparison of breast amplitude by sports bra types at walking, jogging, and sprinting (Unit: mm)

Cup size group	Bra type Velocity	Compression style		Encapsulation style		F-value
		C1	C2	E1	E2	
B-group	Walking (4km/h)	6.90 A (SD=2.60)	5.57 B (SD=1.99)	6.02 AB (SD=2.45)	7.01 A (SD=2.67)	4.15**
	Jogging (7km/h)	25.49 B (SD=8.67)	25.02 B (SD=7.14)	23.72 B (SD=5.02)	31.65 A (SD=8.96)	10.99***
	Sprinting (10km/h)	29.36 B (SD=8.12)	27.76 B (SD=6.98)	26.64 B (SD=6.29)	36.58 A (SD=9.77)	16.33***
C-group	Walking (4km/h)	6.32 B (SD=3.34)	7.76 A (SD=3.52)	6.22 B (SD=2.95)	8.27 A (SD=3.85)	4.58**
	Jogging (7km/h)	36.69 B (SD=12.38)	41.86 A (SD=15.20)	33.13 B (SD=8.83)	45.49 A (SD=12.07)	10.04***
	Sprinting (10km/h)	41.34 BC (SD=11.57)	46.07 B (SD=14.24)	38.66 C (SD=11.67)	58.49 A (SD=15.09)	22.48***

** $p < .01$, *** $p < .001$.

Note: Groups with significant differences according to Duncan's test were noted with different letters(A>B>C).

집단에서는 조강할 때와 마찬가지로 C1, C2, E1 스타일 스포츠브라 착용 시 유방 진동이 고르게 감소되는 경향이 관찰되었다. 그러나 C컵 집단에서는 스타일에 따른 차이가 뚜렷하게 나타났다. 유방 진동 폭이 가장 작은 스타일은 E1 스타일이었고, 그 다음은 C1, C2 스타일 순이었다($p < .001$). 즉, 빠르게 달리는 스프린팅용으로서의 스포츠브라의 성능

은 B컵 집단에서는 스타일에 따른 차이가 크지 않았으나, C컵 집단에서는 스타일에 따른 차이가 뚜렷하였으며, E1 스타일이 가장 높은 성능을 보였다.

스포츠브라 스타일 차이에 따른 유방 진동 감소 효과를 유방의 지지가 약한 비교용 브라 착용 시와 비교 분석한 결과, 워킹(4km/h) 속도에서는 스타일에 따라 유방의 진동이 최대 11.77% 감소하였으며,

<Table 5> Breast amplitude decrease rate among experimental sports bras (Unit: %)

Cup size group	Velocity	Experimental sports Bra types			
		C1	C2	E1	E2
B-group	Walking (4km/h)	9.70	- 11.45	- 4.29	11.45
	Jogging (7km/h)	- 25.18	- 26.53	- 30.38	- 7.10
	Sprinting (10km/h)	- 21.37	- 25.66	- 28.66	- 2.04
C-group	Walking (4km/h)	- 10.35	10.07	- 11.77	17.30
	Jogging (7km/h)	- 16.78	- 5.08	- 24.86	3.18
	Sprinting (10km/h)	- 25.41	- 16.86	- 30.23	5.56

Note: Breast amplitude decrease rate = $\frac{\text{Amplitude with donning sports bra} - \text{Amplitude with donning control bra}}{\text{Amplitude with donning control bra}} \times 100$

조깅(7km/h) 속도나 스프린팅(10km/h) 속도에서는 최대 30.38% 유방 진동을 감소시키는 것으로 나타났다(Table 5). 워킹(4km/h) 속도에서 B컵 집단은 콤프레션 스타일 중 C2 스타일이 유방 진동 감소 효과가 약간 있는 것으로 나타났으며(11.45%), C컵 집단은 콤프레션 스타일 중 C1 스타일(10.35%)과 인캡슐레이션 스타일 중 E1 스타일(11.77%)이 유방 진동 감소 효과가 약간 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 워킹(4km/h) 정도의 가벼운 운동 시에도 유방의 크기에 따라 적절한 스타일의 스포츠브라를 착용하면 유방의 진동이 감소됨을 의미한다.

조깅(7km/h)할 때에는 B컵 집단이 C컵 집단보다 스포츠브라 착용에 따른 유방 진동 감소 효과가 더 컸다. B컵 집단은 E1, C2, C1 스타일 순으로 유방 진동 감소 효과가 있었다(25.18~30.38%). C컵 집단은 E1 스타일이 24.86%로 유방 진동 감소 효과가 가장 컸으며, 그 다음으로 C1 스타일이 16.78%의 유방 진동 감소 효과가 나타났다. B컵 집단에서 26.53%의 유방 진동 감소 효과가 나타났던 C2 스타일은 C컵 집단에서는 5.08%로 미미한 수준의 유방 진동 감소 효과를 보였다.

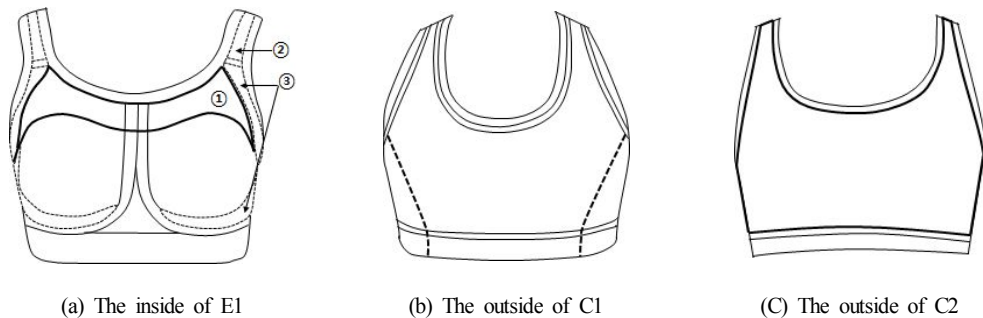
스프린팅(10km/h)할 때에 B컵 집단은 C1, C2, E1에서 유방 진동 감소 효과가 고르게 나타났으며(21.37~28.66%) C컵 집단은 스타일에 따른 차이가 있었다(16.86~30.23%). 즉, E1 스타일은 유방 진동 감소 효과가 큰(30.23%) 반면, C2 스타일은 유방 진동 감소 효과가 크지 않은 편이었다(16.86%).

4. Design features of sports bra controlling breast vibration

조깅(7km/h)과 스프린팅(10km/h) 속도에서 B컵과 C컵 집단에게 전반적으로 유방 진동 감소 효과가 우수한 것으로 나타난 스포츠브라의 스타일 특징을 구체적으로 분석하면 다음과 같다. 러닝 시 가장 효과적으로 유방 진동을 감소시키는 효과를 나타낸 E1 스타일은 좌우 유방을 각각 커버하는 인캡슐레이션 스타일로 브라 컵 상단에 가로 방향 지지대(①)가 있었고, 넓은 어깨끈 중앙에 패드(②)가 삽입되어 있었으며 브라 컵 내부에는 옆상변을 따라 하단까지 가장 자리를 지지해 주는 밴드(③)가 부착되어 있었다(Fig. 5(a)). 또한 제품 치수의 측면에서 보면 앞중심이 높았으며(17.5~17.6cm), 옆날개높이(12.6cm)도 높은 형태이었다. 이러한 구조적 특성이 러닝 시 유방의 충격을 완화시키고, 상하방향 유방 진동을 감소시켜 줄 수 있었던 요인으로 사료된다.

그 다음으로 C컵 집단에서 유방 진동 감소 효과가 큰 것으로 나타난 C1 스타일은 콤프레션 스타일로 앞중심(17.0~17.2cm)과 옆날개높이(10.9~12.2cm)가 높아 유방 부위를 넓게 감싸주는 스타일이었다. 구조적 특성으로는 분리된 브라 컵의 요소는 없었으나 전면이 프린세스 라인으로 구성되어 좌우 유방을 입체적으로 감싸주는 스타일이었다(Fig. 5(b)).

C2 스타일은 C컵 집단에서는 큰 효과가 없었으나, B컵 집단에서는 유방 진동 감소 효과가 큰 것으로 평가되었다. 이 스타일은 유방을 흉벽에 밀착



<Fig. 5> Design feature of sports bras

Note: ① Upper breast band ② Shoulder strap ③ Side breast band

시키는 방식으로 유방 진동을 억제시키는 평면적인 띠 형태의 전형적인 콤프레션 스타일 스포츠브라 형태이었다(Fig. 5(c)).

연구용 스포츠브라 스타일 중 유방 진동 감소 효과가 가장 미흡한 것으로 나타난 E2 스타일은 다른 3종(C1, C2, C1)의 연구용 스포츠브라보다 앞중심 높이가 10cm 내외 더 낮은 스타일이었다(7.8cm). 이러한 비교 결과는 스포츠브라 설계 시 앞중심 높이를 높게 유지시키는 것이 운동 시 유방의 진동을 억제시키는 효과를 나타내는 요소와 관련이 있을 수 있음을 시사한다.

V. Conclusion

러닝 시 여성의 유방 진동 감소에 효과적인 스포츠브라의 디자인 요소를 모색하기 위하여 본 연구는 국내 여성들을 대상으로 유두점 진동 특성의 차이를 스포츠브라의 스타일과 운동 속도에 따라 비교분석하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 운동 속도가 증가할수록 유방의 진동 폭은 크게 증가하였다. 특히 조깅(7km/h) 속도에서의 유두점 진동 폭은 워킹 속도(4km/h)의 운동 시보다 5~8배 정도 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 조깅 시부터 스포츠브라를 필수적으로 착용해야함을 시사한다. 둘째, 브라 컵 사이즈에 따른 유방 진동 차이를 비교한 결과, 브라 컵 사이즈가 큰 C컵 집단이 B컵 집단보다 조깅과 스프린팅 속도에서 유방이 더 크게 진동한 것으로 나타났다. 이는 유방의 사이즈가 큰 여성일수록 유방 진동 방지 기능이 더 강한 스포츠브라를 착용해야 함을 보여준다. 셋째, 스포츠브라 스타일에 따른 유방 진동 감소 효과를 분석한 결과, 조깅(7km/h)과 스프린팅(10km) 속도로 러닝 운동을 할 경우, B컵 집단은 3종의 스포츠브라 스타일(C1, C2, E1)에서 유방 진동 감소 효과가 유사하게 나타났으나, C컵 집단은 스타일에 따른 유방 진동 감소 효과가 다르게 나타났다. C컵 집단은 앞중심이 높은 인캡슐레이션 스타일(E1)이 다른 스타일에 비해 유방 진동 감소 효과가 현저히 큰 것으로 나타났으며, 전면에 프린세스 라인이 있는 콤프레션 스타일(C1)도 효과적이었다. 좌우 유방을 전체

적으로 흉부에 밀착시키는 형태의 콤프레션 스타일(C2)은 B컵 집단에서만 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 유방이 큰 편인 C컵 집단은 B컵 이하 집단보다 스포츠브라 선택 시 유방의 진동 감소 효과를 신중하게 고려하여 스포츠브라의 스타일을 선택해야 함을 시사한다. 넷째, 스포츠브라의 세부적인 디자인 요소의 차이에 따라 러닝 시 유방 진동을 감소시켜 주는 효과가 다르게 나타났다. 유방 진동 감소 효과가 가장 큰 스타일은 브라 컵이 분리되어 있으며, 앞중심과 옆날개 높이가 높고 브라 컵 측면과 하단에 유방의 위치를 안정시켜 줄 수 있는 지지대가 있는 스타일이었다.

본 연구는 스포츠브라 착용에 따른 여성의 유방 진동 감소 효과를 정량적으로 분석하여 운동 강도와 브라 컵 사이즈에 따른 스포츠브라의 선택 기준을 제시하였다는 것에 의의가 있다. 그러나 여성의 유방이라는 민감한 부위를 대상으로 하여 이루어지는 연구의 특성상 제한된 피험자를 대상으로 하여 실험이 이루어져 연구의 결과를 일반화하는데 제한이 있을 수 있다. 또한 스포츠브라가 주로 유방이 큰 B컵 사이즈 이상의 여성에게 판매되고 있다는 현실에 초점을 맞추어, 국내 여성의 상당수를 차지하는 A컵 이하 사이즈의 여성들을 본 연구에서는 제외하였다. 후속 연구에서는 작은 유방 사이즈에 해당하는 여성들에게도 조깅이나 스프린팅 시 스포츠브라의 착용이 유방 진동 감소에 효과적인지 확인해야 할 것이다. 이와 더불어 본 연구에서는 여성들의 운동 종목 중 걷기와 달리는 운동만을 선택하여 상하 방향의 유두점 진폭에 대해서만 분석하였고, 전후, 좌우 움직임 진폭에 대한 범위는 분석하지 않았다. 따라서 후속 연구에서는 여성들의 유방 움직임이 전후, 좌우로 많이 움직이는 골프 및 테니스 등의 운동 시 발생하는 유방의 진동범위에 대한 분석과 이와 같은 운동 시의 스포츠브라 성능에 대한 검증이 필요하다. 이를 통해 각각의 운동 종목에 특성화 된 스포츠브라 개발 및 디자인 제언 연구가 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

References

Aspan, R., & Stark, S.(2006). *The lingerie handbook*.

- New York: Workman Publishing Company.
- Bowles, K. A., Steele, J. R., & Munro, B.(2008). What are the breast support choices of Australian women during activity?. *Sports Medicine*, 42, 670-673.
- Chang, L. X., Gao, W. D., & Yan, X. L.(2009). Studies of sports bra based on biomorphic analysis of females breasts. *Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE 3rd International Conference on Jiangnan University*, Wuxi, China.
- Choi, H. S., & Shon, B. H.(1996). Development of functional sports-brassiere. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 20(3), 452-466.
- Chun, J. S., & Jang, Y. M.(2012). A study on comfort of sports bras by style and bra cup size. *The Research Journal of the Costume Culture*, 20(4), 549-559.
- Chun, J. S., & Jee, J. W.(2011, November). Ergonomic functional clothing design trends. *Annual Research Seminar of The Costume Culture Association (CCA)*, Seoul, Korea.
- Chun, J. S., Choi, E. A., Park, J. H., & Jang, Y. M. (2011). A study on ergonomic design of sports bra. *Proceeding of the 2011 Annual Convention of the Costume Culture Association: Fashion Cultural Industry and Technology*, 226-227.
- Haake, S., & Scurr, J. C.(2010). A dynamic model of the breast during exercise. *Sports Engineering*, 12, 189-197.
- Kang, K. H.(2012, January 3). Online shopping keyword is change in 2011. *Ajunews*. Retrieved September 25, 2012, from <http://www.ajnews.co.kr/common/redirect.jsp?newsId=20120103000078>.
- Krezer, G., Starr, C., & Branson, D.(2005). Development of a sports bra prototype: Patternworks international best solution to a patternmaking problem, 2000. *Clothing and Textile Research Journal*, 23(2), 131-134.
- Lee, H. S.(2007). A study for the functional improvement of sports brassieres. Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea.
- Lee, S. B.(2010, October 22). The figure of Korea women has become much glamorous. OSEN. Retrieved March 7, 2012, from <http://osen.mt.co.kr/article/G1010220081>.
- Lighter and more comfortable, essential item for this summer - Adidas supernova racer sports bra.(2012, June 20). Adidas is all in. Retrieved December 5, from <http://alladidas.com/trackback/487>.
- Maha, S. A.(2000). Sports brassiere: Is it solution for mastalgia?. *The Breast Journal*, 6(6), 407-409.
- McGhee, D. E., & Steele, J. R.(2010). Breast elevation and compression decrease exercise-induced breast discomfort. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(7), 1333-1338.
- McGhee, D. E., Steele, J. R., & Power, B. M.(2007). Does deep water running reduce exercise-induced breast discomfort. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 879-883.
- 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.
- Mcghee, D., Steel, J. R., & Zealey, W. J.(2010). Effect of high and low breast support on breast kinematics and kinetics during treadmill running. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 12(2), 143.
- Na, M. H., Kim, M. S., & Jung, B. H.(2002). The wearing effect of sports underwear: Focusing on the change of fat in each body. *The Research Journal of the Costume Culture*, 10(6), 735-747.
- Page, K. A., & Steele, J. R.(1999). Breast motion and sports brassiere design: Implications for future research. *Sports Medicine*, 27(4), 205-211.
- Scurr, J. C., White, J. L., & Hedger, W.(2011). Supported and unsupported breast displacement in three dimensions across treadmill activity levels. *Journal of Sports Sciences*, 29(1), 55-61.
- Shon, B. H.(1994). Study on the vibration effect of sports-bra. Unpublished master's thesis, Ewha

- Womans University, Seoul, Korea.
- White, J. L., Scurr, J. C., & Smith, N. A.(2009). The effect of breast support on kinetics during over-ground running performance. *Ergonomics*, 52(4), 492 - 498.
- Wood, K., Cameron, M., & Fitzgerald, K.(2008). Breast size, bra fit and thoracic pain in young women: a correlational study. *Osteopathy*, 16(1), 1-7.