

스포츠 양말의 조직 분석 및 족저압 특성

사디아 라흐만 토루¹ · 마하부 호세인 프린스¹ · 정임주² · 이선희^{1,2†}

¹동아대학교 의상섬유학과, ²동아대학교 패션디자인학과

Structure Analysis and Plantar Pressure Characteristics of Sports Socks

Sadia Rahman Toru¹, Mahabub Hossain Prince¹, Imjoo Jung², and Sunhee Lee^{1,2†}

¹Department of Fashion and Textiles, Dong-A University, Pusan 49315, Korea

²Department of Fashion Design, Dong-A University, Pusan 49315, Korea

†Corresponding Author: Sunhee Lee
E-mail: shlee014@dau.ac.kr

Received December 12, 2024

Revised February 13, 2025

Accepted February 20, 2025

© 2025 The Korean Fiber Society

Abstract: The purpose of this study was to provide basic data for designing optimal sports socks by selecting three types of commercially available sports socks with designs based on thickness, analyzing the tissue and thickness characteristics of each part, and measuring and analyzing plantar pressure when wearing sports socks. The thickness of sports socks was organized in the order of Heel > Toe > Meta > Ankle > Upper, with the heel and toes being thicker to withstand pressure and the upper part being thinner for breathability. That is, SS03 tended to be thicker in the toes, heel, and ankle parts, while SS02 was thicker in the upper part and meta part. In the case of knitted fabrics, most of the socks were made of flat fabrics, and the ankle part used a general tube type and rubber piece structure for better wearing comfort, and some meta parts used a jacquard pattern for decoration. The analysis of plantar pressure in the toes, arch, and heel areas of the soles of the feet confirmed that the pressure distribution was affected by the thickness of the sock area.

Keywords: sports socks, knit structure, thickness of socks, plantar pressure

1. 서 론

스포츠 양말[1]은 신발과 양말의 복합적 요소로서 스포츠 활동의 성능을 증진시키고, 부상의 위험을 줄이기 위한 요소로써 정의할 수 있다. 생체역학(biomechanics) 연구의 주제로서, 일반적으로는 신발-양말의 시스템을 중심으로 하여, 신발의 역할에 더 초점을 맞추고 있으나, 스포츠 양말은 인체와의 접촉을 하는 부분으로서 편안함(comfort), 기능성(performance enhancement) 및 물집 예방(blister prevention)의 측면에서 중요하다. 스포츠 양말의 시장규모[2,3]는 2020년, 전 세계 운동용 양말 시장 규모는 약 6,900만 달러였으며, 2032년까지 연평균 성장률(CAGR) 7.5%로 성장하여 약 1,685,429만 달러에 이를 것으로 예상된다. 건강 및 피트니스 인식이 증가하여, 특수 기능을 갖춘 스포츠용 양말에 대한 수요가 증가하고 있으며, 특히 북미에서는 양말 브랜드로 피처스(Feetures)[4]는 러닝용 양말 브랜

드로 성장하고 있다. 피처스는 2002년 노스캐롤라이나에서 설립된 가족 소유의 퍼포먼스 양말 제조업체로, 러너와 운동선수를 위한 고성능 양말을 설계하고 생산한다. 2023년 9월, 피처스는 노스캐롤라이나 히커리에 60,000 평방피트 규모의 최첨단 창고 시설 건설하는 등 피처스는 미국 러닝 전문점에서 1위의 양말 브랜드로 성장하였고, 50개 이상의 국가에서 판매되고 있다. 피처스는 러닝, 골프, 캐주얼 착용 등 다양한 활동을 위한 양말을 제공하며, 족저근막염용 양말 제품도 제공하고 있으나, 국내는 정식 수입처는 없는 것으로 확인하였다.

스포츠 양말과 관련한 국내연구[5-8]로는 스포츠 양말의 소재 물성 및 착용감 분석을 중심으로 한 연구[5]를 기초로 하여 한지사 적용 양말 제조 및 특성 평가[6], 전기발열 양말의 온열 특성[7], 스트레치 센서 적용 스포츠 양말 개발에 대한 연구[8]가 있다. 양말 소재에 따른 쾌적감 혹은 온열감 측정 등을 분석하였고, 양말 디자인 혹은 구조에 따

른 연구는 부족한 실정이다. 국외 연구[9–14]로는 양말의 니트 구조에 따른 착용감 분석에 대한 연구가 다수 보고되었다. 특히 Stygiene 등[11]은 면, 비스코스, 쿨맥스(Coolmax), 아크릴 등의 소재와 평편, 2×2 고무편, 1×3 고무편 등의 니트 조직으로 제조된 스포츠용 압박 양말을 제조하고, 성능, 착용감, 기계적 특성에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 특히 니트 구조 중 평편구조의 경우 흡수성과 열 발산 성능에 기여하고, 고무편의 경우 신축성과 복원력으로 착용감에 영향을 주는 것을 확인하였다. 다만, 본 연구의 양말의 압력 착용성 분석은 Salzmänn 압력 측정 장치인 의료용 스타킹 테스트(MST MK V, Swisslastic AG ST, Gallen, Switzerland)를 사용하여 측정한 것으로 종아리 부분을 중심으로 쾌적성을 측정하였다. West 등[10]은 러닝용 양말의 착용과 비착용이 열생리학적 반응 및 편안함 인식에 미치는 영향을 조사하였다. 즉 면, 울, 폴리에스터, 쿨맥스 양말 및 비착용 조건으로 러닝용 양말을 섬유 유형에 따라, 발의 피부온, 발 미세 기후 및 주관적 평가에 미치는 영향을 분석을 진행하였다. 한편 족저압 평가에 관한 연구는 주로 신발에 관한 연구[15–17]가 많으며, 스포츠 양말의 족저압 평가에 관한 연구[18,19]로는 양말의 스티치 길이의 변화에 따른 정적 족저압 평가, 생체역학적 양말의 영향에 대한 족저압 평가 등이 있다. 결론적으로 양말은 운동 중 발의 습기와 끈적임으로 인한 불편함을 줄이는 데 필수적이다. 섬유 구성보다는 양말의 두께와 디자인이 편안함에 더 큰 영향을 미치며, 추가 연구를 통해 최적의 양말 설계를 탐구할 필요가 있다고 하였으나, 양말의 디자인과 두께에 대한 연구와 그와 관련한 족저압 평가는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구의 목적은 두께별 디자인이 적용된 시판용 스포츠용 양말 3종을 선정하여, 각 부위별 조직과 두께 특성을 분석하고, 스포츠용 양말 착용시 족저압을 측정, 분석함으로써 최적의 스포츠용 양말 설계를 위한 기초 데이터를 제공하는 데 있다.

2. 실 험

2.1 재 료

Table 1은 본 연구에서 사용한 스포츠 양말 샘플에 대한 정보를 나타낸 것이다. 양말 바닥의 두께별로 울트라 라이트, 라이트 쿠션 및 맥스 쿠션 등의 3종을 선택하였고, 섬유 종류는 폴리에스터, 나일론, 스판덱스가 사용된 것이다.







2.2. 양말의 니트 구조 분석

Figure 1은 양말의 구조를 분석하기 위해 부위별로 구분한 것이다. 발가락부분을 Toe(이하 T), 발등은 Uppe(이하 U), 발바닥은 Meta(이하 M), 발뒤꿈치는 Heel(이하 H), 발목은 Ankle(이하 A) 등 5개 영역으로 구분하여 표시하였다. 각 부위별로 디지털현미경(NTZ-6000, Nextecvision. Co. Ltd., Korea)을 통해 니트의 조직을 확인하였다. 각 부분은 디지털현미경을 통해 표면사진을 얻었고, 그 구조를 도안으로 작성하였다.

2.3. 특성 분석

양말의 각 부위별 무게는 무게측정기(PAG114, OHAUS, USA)를 이용하여 시편 3번 측정하여, g으로 나타내었다. 무

Table 1. Sample information used in this study

Sample code	SS01	SS02	SS03
Company		Feetures (USA)	
Name	Elite Ultra Light (UL)	Elite Light Cushion (LC)	Elite Max Cushion (MC)
Size	Medium	Medium	Medium
Fiber composition	95% Nylon 5% Spandex	96% Nylon 4% Spandex	74% Polyester 21 % Nylon 5% Spandex
Left			
Surface image			
Right			

계측 전까지 표준조건의 데시게이터에 넣어 보관하였다. 양말의 각 부위별 사이즈 측정은 300 mm C형으로 1급인 스텐 자(Hara, Japan)를 이용하여 양말의 각 부분을 측정하였으며, 부위의 사이즈는 cm로 나타내었다. 두께 측정은 직



Figure 1. Parts for analyzing socks for structure.

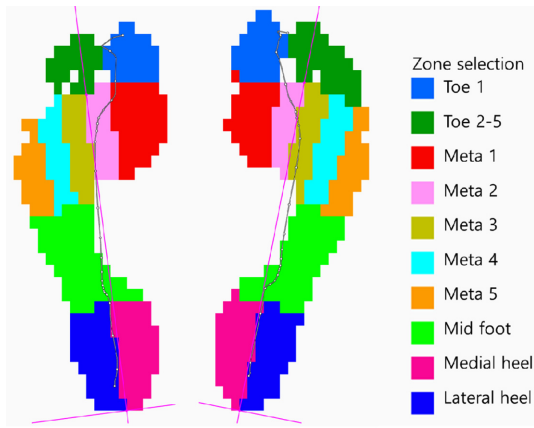


Figure 2. Foot zone for analyzing plantar pressure.

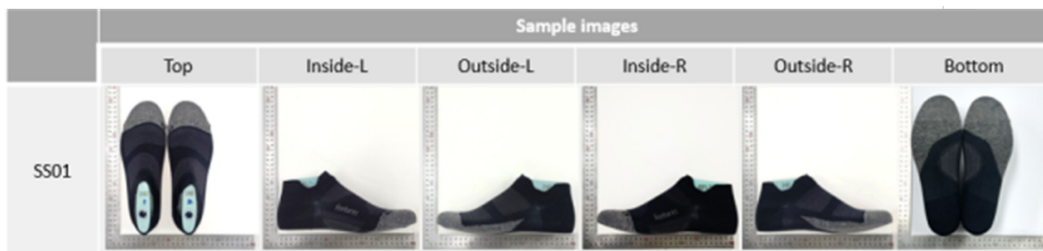
물두께측정기(D-20CPX, Mitutoyo, Japan)를 사용하였고, 각 부위의 두께를 측정하여 mm로 나타내었다.

동적 족저압 측정은 동적족저압 분석장치(Footscan® systems; RSscan international NV, Paal, Belgium)를 사용하였으며 1,605 mm×469 mm×18 mm 크기의 발판에 12,288 개의 센서가 내장되어 있으며 족부가 족저압판에 접촉 순간 200 Hz로 족저압을 측정하였다. 족저압력 분석에는 족저압 소프트웨어(Scientific software; materialise footscan)를 이용하여 분석하였으며 발을 발가락 2구역(toe 1, toe 2-5), 전족부 5구역(meta 1-5), 중족부(midfoot), 후족부 2구역(medial heel, lateral heel)으로 나누었다(Figure 2). 보행 시 각 발바닥 구역마다 가해지는 압력을 측정하여 보행 시 전체 발바닥의 단위면적당 압력(N/cm²)을 측정하였다. 전체 족부의 단위면적당 압력, 중족부위의 단위면적당 압력, 전체 족부에 대한 중족부위의 단위면적당 압력 분포 비율을 측정하여 맨발과 양말 3종을 신은 발의 족저압을 비교하였다.

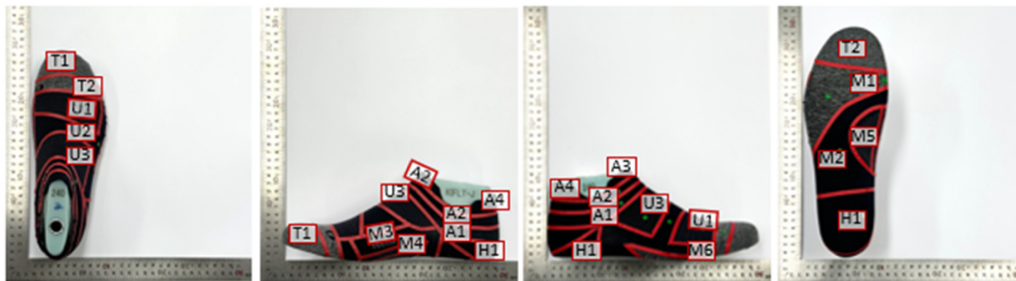
3. 결과 및 고찰

3.1. 스포츠 양말의 부위별 구조 분석

Figure 3은 SS01의 부위별 니트구조를 나눈 것으로, T는 2부위, M 부분은 총 6 부위로 기본 평편(plain) 조직이며, 양말의 겉면의 상표는 자카드로 확인하였다. H는 1부위, U는 3부위로 나뉘지만, 모두 평편 조직이었다. A 부분은 총 4부분으로 고무편(rib) 조직과 튜브형(tublar) 조직이 각



(a)



(b)

Figure 3. Surface image and knit structure of parts in SS01 sample; (a) surface image of SS01 sample and (b) parts of various knit structure.

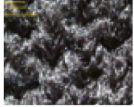




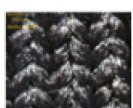
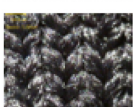
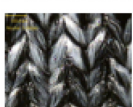
각 2부분씩 나타냈다.

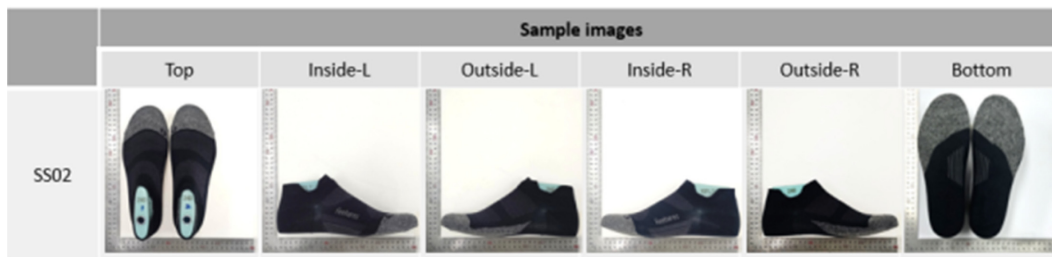
Table 2는 SS01의 16개 부위별로 크기, 두께, 니트 조직, 스티치카운트, 표면 사진을 나타낸 것이다. T 부위는 T1의 부위의 두께가 0.98 mm로 T1에 비해 두껍게 나타났다. M 부위는 M5에서 약 2 mm로 두껍게 나타났으며, 아치 부분을 보강하는 역할을 할 수 있다. H는 약 1.14 mm로 나타

Table 2. Characterization of parts of SS01 sample

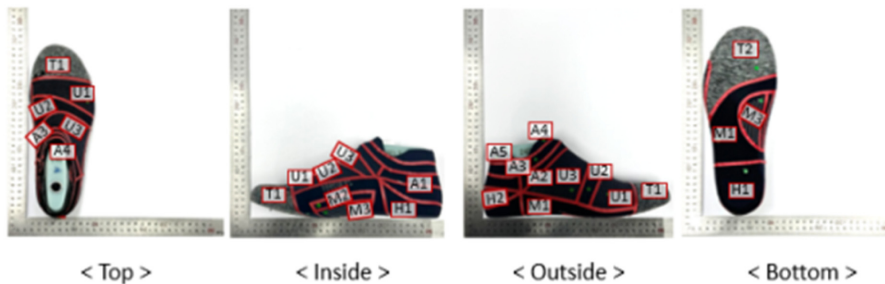
Part	Size (mm ²)	Thickness (mm)	Structure	Stitch count		Repeated unit	Normal	
				warp × weft / inch ²	warp × weft per sample		Front	Back
T O E	T1	103×42	0.98±0.07	Plain	30.0×50.0	123.6×84.0		
	T2	90×23	0.95±0.01	Plain	30.0 × 50.0	108.0×46.0		
M E T A	M1	33×61	0.90±0.09	Plain	30.0×50.0	39.6×122.0		
	M2	72×125	0.69±0.01	Plain	35.0×35.0	100.8 × 175.0		
	M3	14×78	0.50±0.08	Plain / jacquard	35.0×40.0	19.6 × 124.8		
	M4	9×52	0.61±0.08	Plain	25.0×35.0	9.0×72.8		
	M5	25×59	2.04±0.01	Plain	45.0×45.0	45.0×106.2		
	M6	10×13	1.19±0.01	Plain	35.0×45.0	14.0×23.4		
H E E L	H1	105×35	1.14±0.01	Plain	30.0 × 40.0	126.0×56.0		
U P P E R	U1	71×37	0.91±0.11	Plain	30.0×35.0	85.0×51.8		
	U2	66×41	0.84±0.02	Plain	20.0×35.0	52.0×49.2		
	U3	67×36	1.16±0.02	Pain	30.0×40.0	80.4×57.6		

Table 2. Continued

Part	Size (mm ²)	Thickness (mm)	Structure	Stitch count		Repeated unit	Normal	
				warp × weft / inch ²	warp × weft per sample		Front	Back
A N K L E	A1	80×11	0.98±0.06	Plain / Tubular	30.0×35.0	96.0×15.4		
	A2	76×16	1.14±0.02	Plain / Tubular	30.0 × 30.0	91.0 × 19.2		
	A3	74×11	1.02±0.09	Plain / Rib	25.0 × 45.0	74.0 × 19.0		
	A4	82×10	0.95±0.21	Plain / Rib	30.0 × 50.0	98.4 × 20.0		



(a)



(b)

Figure 4. Surface image and knit structure of parts in SS02 sample; (a) surface image of SS02 sample and (b) parts of various knit structure.

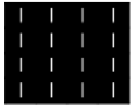
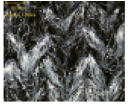
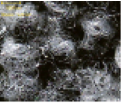
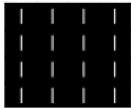
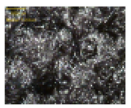

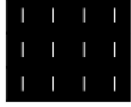



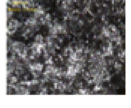



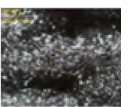

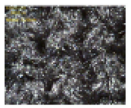
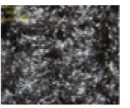


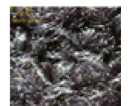
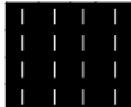

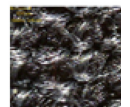
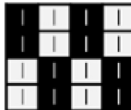
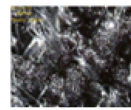



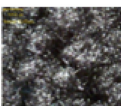
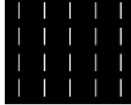
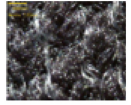


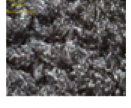



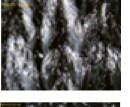



났고, U 부위 중 U3 위치가 약 1.16 mm로 두꺼웠다. A는 A1과 A2에서 평균 1.06 mm의 두께를 갖는 튜브형 구조로 확인하였고, A3와 A4는 고무편 구조로 평균 0.98 mm로 확인할 수 있다.

Figure 4는 SS02의 부위별 니트구조를 나눈 것이다. 육안으로 먼저 양말 조직을 분류해본 결과, 14부위로 나타났다. 즉 T, H, U는 평편조직, M은 오른쪽 양말에 자카드(jacquard) 조직이 포함되어 있었다. A 부위는 평편조직을

기본으로 하고, 고무편과 발목 끝부분의 튜브형 조직으로 구성된 것으로 확인하였다.

Table 3은 SS02의 14개 부위별로 크기, 두께, 니트조직, 스티치 카운트, 표면 사진을 나타낸 것이다. T 부위는 약 2 mm의 두께를 갖는 평편 조직이고, M 부분은 아치에 해당하는 M2 부위가 약 1.2 mm로 얇게 되어 있고, 오른쪽 양말에 브랜드명을 자카드조직으로 디자인하였다. H 부위는 평균 약 1.6 mm의 두께의 평편 조직으로 확인하였다. U 부위

Table 3. Characterization of parts of SS02 sample

Part	Size (mm ²)	Thickness (mm)	Structure	Stitch count		Repeated unit	Normal		
				warp × weft / inch ²	warp × weft per sample		Front	Back	
TOE	T1	90×115	1.98±0.02	Plain	12.5×27.5	45.0×126.5			
	M1	73×92	1.89±0.06	Plain	30.0×40.0	87.6×147.2			
	M2	10×56	1.18±0.08	Plain / Jacquard	30.0×35.0	12.0×78.4			
META	M3	24×63	1.90±0.04	plain	40.0×45.0	38.4×113.4			
	H1	107×37	1.67±0.03	Plain	30.0×60.0	128.4×222.0			
	H2	107×37	1.61±0.03	Plain	30.0×60.0	128.4×222.0			
UPPER	U1	65×41	1.19±0.04	Plain	40.0×30.0	104.0×49.2			
	U2	70×89	1.10±0.04	Plain	45.0×35.0	126.0×124.6			
	U3	72×41	1.04±0.01	Plain	35.0×35.0	100.8×57.4			
ANKLE	A1	91×11	1.20±0.05	Plain	30.0×40.0	109.2×17.6			
	A2	91×11	0.86±0.06	Plain	30.0×40.0	109.2×17.6			
	A3	77×14	1.40±0.03	Plain/ Tubular	35.0×40.0	107.8×22.4			
	A4	65×11	1.10±0.03	Plain/Rib	25.0×30.0	65.0×13.2			
	A5	91×20	2.00±0.03	Plain/Rib	25.0 × 65.0	91.0×52.0			

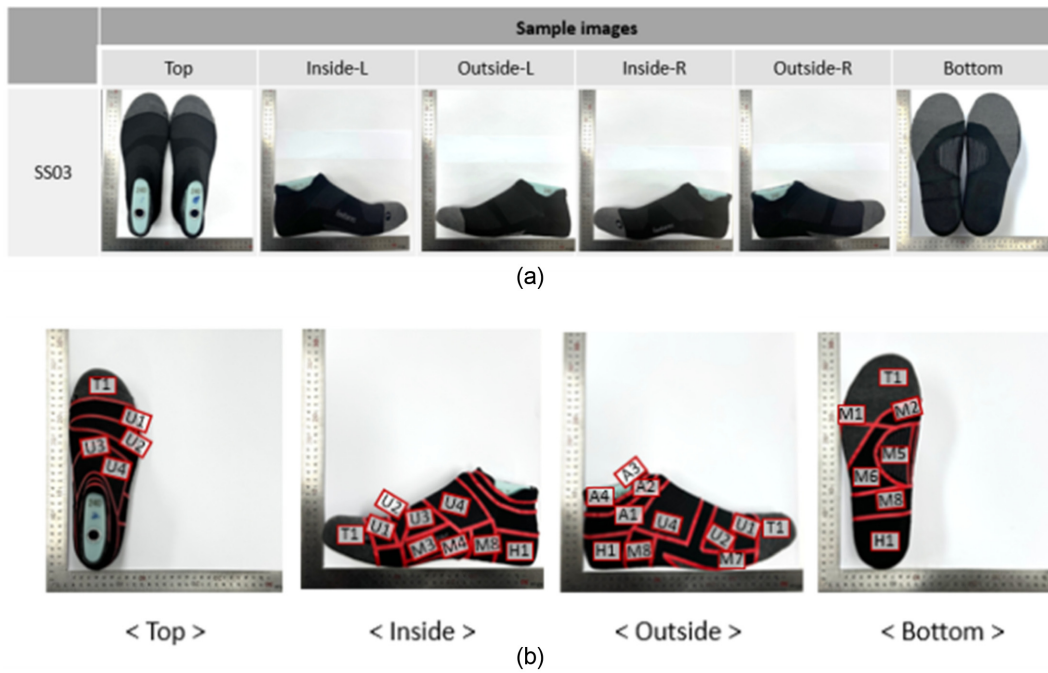


Figure 5. Surface image and knit structure of parts in SS03 sample; (a) surface image of SS03 sample and (b) parts of various knit structure.

중 U1 부위가 약 1.2 mm로 두께감이 있고, A 부위 중 A5 부위가 고무편 조직으로 2.0 mm, A3 부위는 튜브형 조직으로 되어 있었다. 발의 부위별로 두께와 조직을 다르게 디자인한 것을 확인하였다.

Figure 5는 SS03의 부위별 니트구조를 나눈 것으로, T는 1부위, M 부분은 총 8부위로 기본 평편 조직이며, 양말의 겉면의 상표는 자카드로 확인하였다. H는 1부위, U는 4부위로 모두 평편 조직이었다. A 부분은 총 4부분으로 Rib 조

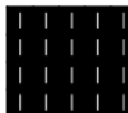
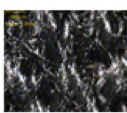

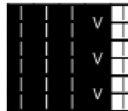
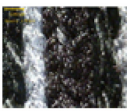



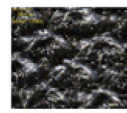
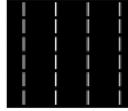
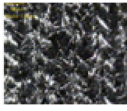
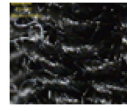



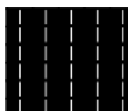
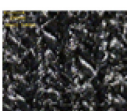

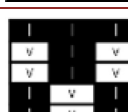

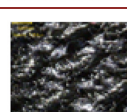
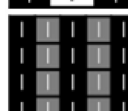
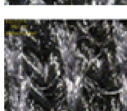
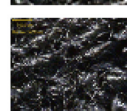

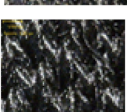
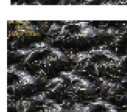
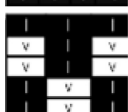
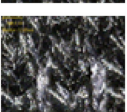
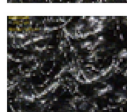


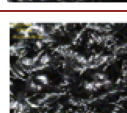

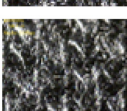
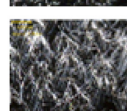

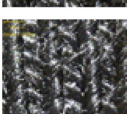
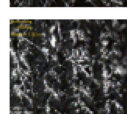
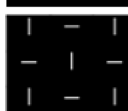
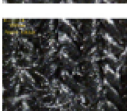
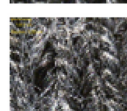
직 2부분과 평편 및 튜브형 조직이 각각 1부분으로 확인하였다.

Table 4는 SS03의 18개 부위별로 크기, 두께, 니트 조직, 스티치카운트, 표면 사진을 나타낸 것이다. T 부위 두께는 1.95 mm이었다. M 부위중 가장 두꺼운 부분은 M7에서 2.3 mm, M8에서 2.06 mm로 두껍게 나타났으며, M5와 M6에서 두께는 0.71 mm로 얇게 나타났다. H는 약 2.07 mm로 나타났고, U 부위 중은 U2 위치가 약 0.91 mm로 두꺼웠다. A는 A4 부위에서 약 5.34 mm로 고무편 구조로 가

Table 4. Characterization of parts of SS03 sample

Part	Size (mm ²)	Thickness (mm)	Structure	Stitch count		Repeated unit	Normal	
				warp × weft / inch ²	warp × weft per sample		Front	Back
T O E	T1	85×63	1.95±0.02	Plain	25.0×45.0	85.0×108.0		
	M1	30×63	0.85±0.01	Plain	30.0×50.0	36.0×126.0		
	M2	43×25	1.26±0.03	Plain	25.0×45.0	43.0×45.0		
M E T A	M3	14×72	0.86±0.11	Plain / Jacquard	30.0×40.0	16.8×115.2		

Table 4. Continued

Part	Size (mm ²)	Thickness (mm)	Structure	Stitch count		Repeated unit	Normal		
				warp × weft / inch ²	warp × weft per sample		Front	Back	
M E T A	M4	9×53	0.84±0.03	Plain	25.0×30.0	9.0×63.6			
	M5	27×61	0.71±0.02	Plain	40.0×60.0	43.2×146.4			
	M6	62×72	0.71±0.02	Plain	30.0×40.0	74.4×115.2			
	M7	8×23	2.30±0.05	Plain	30.0×55.0	9.6×50.6			
	M8	81×21	2.06±0.15	Plain	35.0×40.0	113.4×33.6			
H E E L	H1	91×32	2.07±0.03	Plain	25.0×30.0	91.0×38.4			
U P P E R	U1	75×21	0.76±0.01	Plain	25.0×55.0	75.0×46.2			
	U2	61×27	0.91±0.00	Plain	35.0×50.0	85.4×54.0			
	U3	62×72	0.71±0.01	Plain	30.0×40.0	74.4×115.2			
	U4	62×72	0.71±0.01	Plain	30.0×40.0	74.4×115.2			
A N K L E	A1	75×19	2.69±0.02	Plain	35.0×40.0	105.0×30.4			
	A2	75×11	1.60±0.13	Plain / Tubular	30.0×40.0	90.0×17.6			
	A3	60×90	1.33±0.03	Plain / Rib	25.0×45.0	60.0×16.2			
	A4	72×19	5.34±0.11	Plain / Rib	30.0×60.0	86.4×45.6			

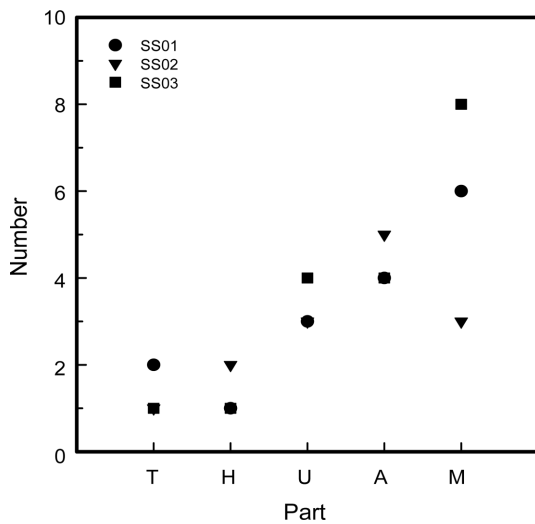


Figure 6. Comparison of the number of parts in three types socks samples.

장 두껍게 제편되었으며, A1 부위가 고무편 조직으로 2.69 mm로 확인하였으며, A2는 1.6 mm의 두께를 갖는 튜브형 구조로 확인하였고, A3는 구조체로 평균 1.33 mm로 확인할 수 있었다.

3.2. 스포츠 양말의 부위별 비교

Figure 6은 양말 3종의 부위별 구성 수를 비교한 것이다.

SS01 양말은 16개 부분으로 구성되어 있으며 다양한 니트 조직과 색상이 혼합되어 있었다. SS02 양말은 14개 부분으로 가장 단순했고, 마지막으로 SS03 양말은 18개 부분으로 가장 복잡했다. 세 양말의 부위별로 구분해 볼 때, 발가락의 T 부분은 구조적 편안함과 유연성을 위해 1-2개의 구성 요소가 있는 반면, 중족골의 M 부분은 5-8개의 구성 요소로 가장 복잡하여 충격 흡수와 전반적인 편안함에서 중요한 역할을 하는 것으로 판단되었다. 발꿈치의 H 부분은 내구성을 위해 1-2개의 구성 요소로 더 단순했고, U 부분은 아치 주위에 꼭 맞는 착용감을 보장하기 위해 3-4개의 구성 요소가 있었다. 일반적으로 발목 부분인 A 부분은 유연성, 보호 및 내구성을 위해 4-5개의 구성 요소가 있었다. 모든 양말의 크기는 동일했지만, 각 양말 유형이 다양한 기능적 요구 사항을 충족하기 위해 다양한 수준의 쿠셔닝, 지지 및 유연성으로 설계되어 편안함, 성능 및 내구성의 균형을 보장하기 위해 니트 조직과 두께별로 디자인된 것을 확인하였다.

3.3. 스포츠 양말의 부위별 두께 비교

Figure 7은 양말 3종의 부위별 두께를 비교한 것이다. 양말 종류별로, 두께는 부위별로 H>T>M>A>U의 순으로 가장 두꺼운 것부터 가장 얇은 것까지 확인할 수 있었다. H

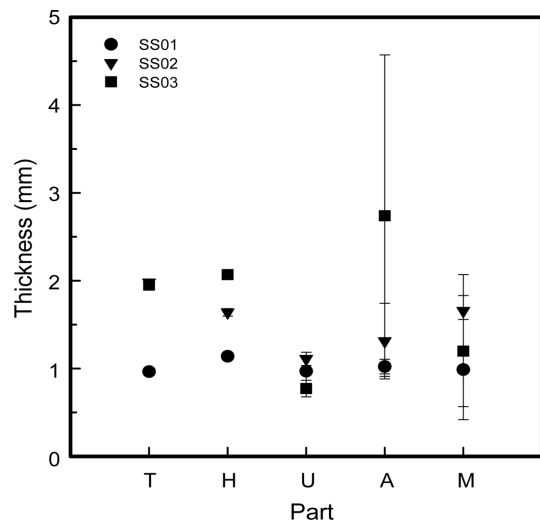


Figure 7. Comparison of the thickness of parts in three types socks samples.

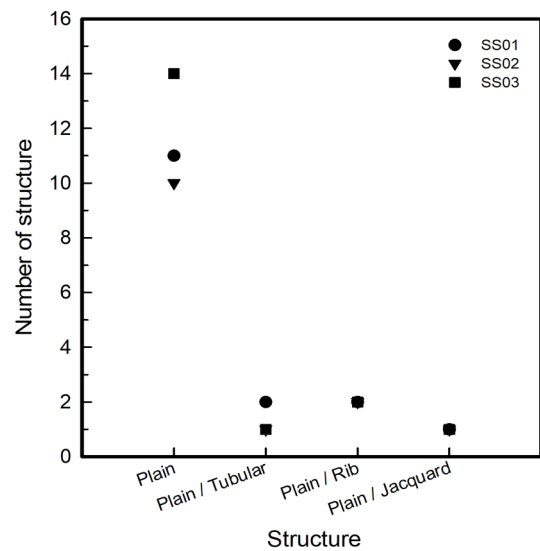


Figure 8. Comparison of the kint structure of parts in three types socks samples.

과 T는 뒤꿈치와 발가락은 걷는 동안 지면과 접촉할 때 압력을 견딜 수 있도록 더 두껍게 제조되었고, U는 통기성을 위해 더 얇게 만들어진 것으로 보인다. SS03은 T, H, A 부분에서 더 두꺼워 각각 1.95 ± 0.00 mm, 2.07 ± 0.00 mm, 2.74 ± 1.83 mm로 측정되었고, SS02는 U와 M 부분에서 0.77 ± 0.09 mm, 1.66 ± 0.41 mm로 더 두꺼웠다. 특히 A 부분에서 SS03의 A4는 뒤꿈치를 보호하고 쿠셔닝을 제공하기 위해 5.34 mm 두께로 만든 것으로 확인할 수 있다.

3.4. 스포츠 양말의 부위별 조직 비교

Figure 8은 양말 3종에 사용된 조직 수를 나타낸 것이다. 양말 3종의 대부분의 구조는 평편으로 나타났다. 양말의

부위별로 색상과 두께를 다양하게 니트 구조체를 적용하고 있다. A 부분은 튜브형과 고무편 구조를 채택하여 발목 주위에 더 정확한 핏 기능을 더하고 있다. 또한, 대부분의 M 부분은 특정 부위에는 장식 목적으로 한 자카드 패턴이 포함되어 있으나, 대부분은 평편 구조로 구성되었다.

3.5. 스포츠 양말의 족저압 분석

족저압(plantar pressure)은 인체의 발바닥에서 발생하는 압력을 말하며, 측정한 족저압을 이용하여 발의 압력 편화를 통해 위치와 안정된 자세를 판단할 수 있다. 발바닥의 족저압측정시 부위를 다음과 같이 정의하였다. 즉 발가락 부위를 Toe 1, Toe 2-5로, 발바닥 부분을 meta 1-5, 발바닥의 아치 부분을 midfoot, 발꿈치 부분을 내측과 외측으로 medial heel, lateral heel로 구분하였다.

Figure 9는 맨발과 양말 3종을 착용한 후의 발의 각 부위별 족저압 분석을 나타낸 것이다.

Figure 9(a)와 (b)는 발가락 부위에 족저압 변화를 나타내고 있는데, 맨발에 비해 스포츠 양말을 착용한 경우 sS02의 경우를 제외하고는 족저압이 다소 증가하는 경향을 보이고 있다. SS01의 toe 부위의 두께는 0.98 mm, SS02는 1.98 mm, SS03은 1.95 mm로 확인하였으며, 두께가 두꺼울수록 족저압은 낮은 분포를 나타내는 것으로 판단된다.

Midfoot의 경우, 맨발에 비해 양말을 착용한 후의 족저압은 약간 증가하는 것으로 나타났다. SS01의 midfoot 부위의 두께는 0.69 mm, SS02는 1.89 mm, SS03은 0.71 mm로 었으며, midfoot 부위의 두께가 가장 두꺼운 SS02를 착용한 후 측정한 족저압이 가장 크게 나타났다.

Heel 부위의 경우, 맨발에 비해 양말을 착용한 후의 족저압은 약간 감소하는 경향을 나타냈다. SS01의 heel 부위의 두께는 1.14 mm, SS02는 1.67 mm, SS03은 2.07 mm로 었으며, heel 부위의 양말의 두께가 두꺼울수록 족저압 분포는 낮아지는 것으로 판단되었다.

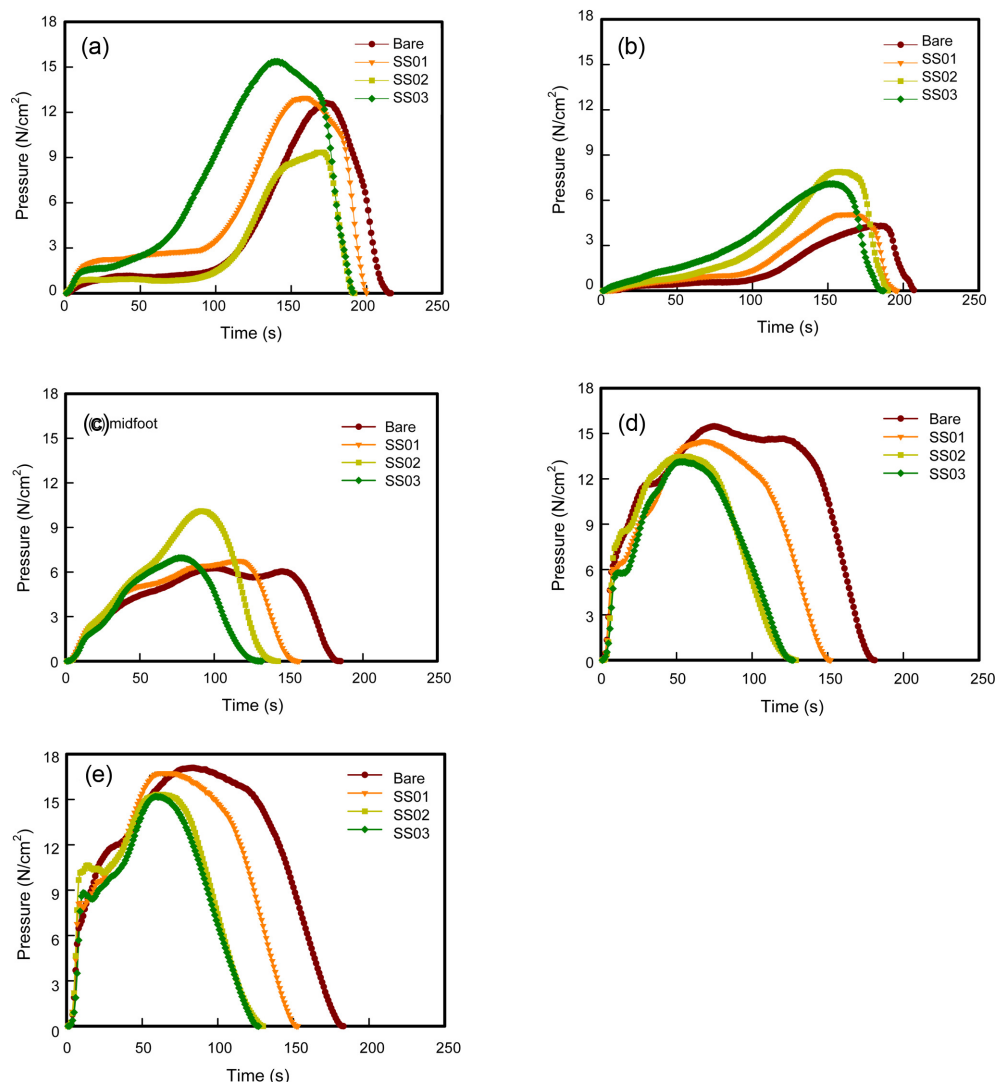


Figure 9. Change on the plantar pressure of parts with various sports socks; (a) toe 1, (b) toe 2-5, (c) midfoot, (d) medial heel, and (e) lateral heel.

양말의 부위별로 두께를 다르게 설계한 것은 발 부위별의 족저압 분포에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 세 가지 유형의 스포츠 양말을 분석하여, 각 부위별 니트 구조, 두께, 스티치 패턴과 같은 다양한 요소가 발의 족저압에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 분석결과, SS01 양말은 16개, SS02는 14개, SS03은 18개로 구성되었다. 발가락 부분은 편안함을 위해 1-2개, 메타 부분은 쿠셔닝을 위해 5-8개, 발꿈치는 강도를 위해 1-2개, 윗부분은 적절한 착용감을 위해 3-4개로 구성되었으며, 발목 부분은 유연성과 보호를 위해 4-5개로 구성되었다. 두께는 H>T>M>A>U 순서로 구성되었으며, 발꿈치 부분과 발가락은 압력을 견디기 위해 두껍고 윗부분은 통기성을 위해 더 얇았다. SS03은 발가락, 발꿈치, 발목 부분이 더 두꺼운 경향이 있는 반면 SS02는 윗부분과 메타 부분이 더 두꺼웠다. 니트 조직의 경우, 양말의 대부분은 평편 조직으로 만들어졌고, 발목 부분은 더 나은 착용감을 위해 일반 튜브형과 고무편 구조를 사용했으며, 일부 메타 부분은 장식 위해 자카드 패턴을 사용하였다. 발바닥의 발가락, 아치, 힐 영역의 족저압 분석을 진행한 바, 양말 부위의 두께에 따라 압력 분포에 영향을 주는 것으로 확인하였다. 따라서 SS03은 더 많은 편안함과 보호력을 제공할 수 있는 반면 SS01과 02는 가볍고 보호력을 고려한 디자인을 한 것으로 보여진다. 특히 발의 형태를 고려한 부위별 구성 요소 수가 다양하여 디자인 복잡성이 다양한 활동에 대한 편안함과 지지력에 영향을 줄 수 있다. 본 연구는 스포츠 양말의 디자인 특성을 이해함으로써 기능에 맞는 디자인의 기초자료로서 활용되기를 기대하며, 후속 연구로는 발 보호용 기능성 양말 디자인 분석을 통한 자료를 제시하고자 한다.

감사의 글: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00272281).

References

1. P. Venkatraman and S. G. Hayes (Ed.), "Materials and Technology for Sportswear and Performance Apparel", CRC Press, UK, 2018.
2. <https://www.businessresearchinsights.com/ko/market-reports/athletic-socks-market-108137> (Accessed December 10, 2024).
3. https://ipost.co.kr/board/bbs/board.php?bo_table=special&wr_id=1508 (Accessed December 10, 2024).
4. <https://feetures.com/?srsltid=AfmBOoo79xyWQZscYfcM0ILdjfbccA5vW4jiaB4ZXkGLZncZF2kWPsnI> (Accessed December 10, 2024).
5. C. S. Kim, H. Lee, and M. Park, "Physical Properties of Sports Socks Materials and Wear Trial Test of Sports Socks During Exercise", *J. Korean Soc. Cloth. Text.*, 2000, **24**, 1115-1124.
6. T. Y. Park, "Manufacture and Property Evaluation of Hanji Socks", *Fashion & Knit*, 2011, **9**, 48-56.
7. Y.-A. Kwon and M.-J. Kang, "Thermal Properties of Heated Socks", *J. Korean Soc. Living Environ. Sys.*, 2011, **18**, 373-382.
8. J.-S. Kim, J. Park, and J. Kim, "Development of Smart Soccer Socks Using a Textile Stretch Sensor -Focused on Middle School Girls between the Ages of 14 and 15-", *J. Fash. Bus.*, 2020, **24**, 17-29.
9. T. Blackmore, N. Ball, and J. Scurr, "The Effect of Socks on Vertical and Anteroposterior Ground Reaction Forces in Walking and Running", *The Foot*, 2011, **21**, 1-5.
10. M. A. West, G. Havenith, and S. Hodder, "Are Running Socks Beneficial for Comfort? The Role of the Sock and Sock Fiber Type on Shoe Microclimate and Subjective Evaluations", *Text. Res. J.*, 2021, **91**, 1698-1712.
11. L. Stygiene, S. Varnaite-Zuravliova, A. Abraitiene, A. Sankauskaite, V. Skurkyte-Papieviene, S. Krauledas, and V. Mazeika, "Development, Investigation and Evaluation of Smart Multifunctional Socks", *J. Ind. Text.*, 2022, **51**, 2330S-2353S.
12. L. Chang, S. Fu, S. Wu, J. Witchalls, R. Adams, G. Waddington, and J. Han, "Effects of Graduated Compression Socks on Ankle Inversion Proprioception of Half-marathon Runners at Different Running Distances", *J. Sci. Med. Sports*, 2022, **25**, 529-534.
13. M. Umair, M. Nadeem, and H. Jamshaid, "A Prospective Comparison of Materials and Structures for Sports Graduated Compression Socks", *Test. Eval.* 2024, **52**, 823-840.
14. A. Khalil, T. Hussain, N. Ahmad, and H. Jamshaid, "Multi-criteria Optimization of Sports Compression Socks Using Taguchi-VIKOR Statistical Approach", *J. Eng. Fiber. Fabr.*, 2024, **19**, 1-15.
15. P. C. Martins, A. Marques, L. Coelho, M. Vaz, and J. S. Baptista, "In-shoe Plantar Pressure Measurement Technologies for the Diabetic Foot: A Systematic Review", *Heliyon*, 2024.
16. M. Ma, Q. Song, and H. Liu, "The Effect of Personalized Orthopedic Insoles on Plantar Pressure during Running in Subtle Cavus Foot", *Front. Bioeng. Biotechnol.*, 2024, **12**, 1343001.
17. J. Li, I. Jung, and S. Lee, "Analysis of Plantar Pressure of Midsole Prepared by 3D Printed Biomimetic Structures with Different Densities", *Fash Text.*, 2024, **11**, 35.
18. Z. Soltanzadeh, S. S. Najar, and S. Khazaei, "Experimental and Theoretical Predictions of Static Plantar Pressure of Socks with Different Stitch Lengths", *J. Am. Podiatric. Med. Assoc.*, 2024, **114**, 22-008.
19. A. Gomez-Carrion, J. M. Reguera-Medina, M. Cohena-Jimenez, A. Martinez-Nova, V. M. Jimenez-Cano, and R. Sanchez-Gomez, "Biomechanical Effect on Jack's Test on Barefoot Position, Regular Socks, and Biomechanics Socks", *Life*, 2024, **14**, 248.