

스포츠웨어용 투습발수직물의 마찰음과 역학적 성질 간의 상관성

양윤정 · 박미란 · 조길수

연세대학교 의류환경학과

Relationship Between Frictional Sounds and Mechanical Properties of Vapor Permeable Water Repellent Fabrics for Active Wear

Yoonjung Yang, Miran Park, and Gilsoo Cho*

Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University, Seoul, Korea

Abstract : Frictional sounds of 8 vapor permeable water repellent fabrics by sound generator were recorded and analyzed through FFT fast Fourier transform analysis. The frictional Sounds were quantified by calculating level pressure of total sound(LPT), the level range(ΔL) and the frequency difference(Δf). Mechanical properties were measured by KES-FB. LPT values of specimens finished wet coating were higher than those of other kinds of finishing. ΔL values of specimens laminated were highest. Absolute values of Δf were high in the cire finished and laminated specimens. Values for bending rigidity, shear stiffness and energy required for the compression of coated specimens increased compared with the cire finished and laminated specimens. Laminated specimens had high values of frictional coefficient and low values of surface roughness. Relationship between frictional sounds and mechanical properties analysed by use of correlation coefficients and stepwise regression. LPT showed significant correlation with elongation, tensile energy, geometrical roughness, weight and thickness. ΔL was highly correlated with tensile linearity, frictional coefficient, and Δf with tensile linearity, weight and thickness. LPT were revealed to be explained by elongation and weight. ΔL were predicted by tensile linearity, and Δf by tensile linearity and thickness.

Key words: LPT, ΔL , Δf , mechanical properties, vapor permeable water repellent fabric

1. 서 론

소리란 청각적 감각 기관을 자극하는 파동을 의미하는 것으로, 같은 물리량에 대해서도 사람에 따라 다르게 느낄 수 있다. 인간의 보편적인 가청영역은 건강한 젊은 성인을 기준으로 하였을 때, 주파수는 약 20~20,000Hz 정도이며 음압은 약 0~130dB 수준으로(Kroemer, et al., 1994), 일반적 직물의 마찰음인 37dB~52dB (Cho S. et al., 2006; Yi E. and Cho G., 2001; Yi E. and Cho G., 2000¹)은 일상생활에서 발생하는 정도의 소음을 나타내고, 코팅된 투습발수직물의 경우에는 자동차의 소음과 유사한 약 70dB의 소리까지 나타낸다. 이는 직물로부터 발생하는 소리가 인간의 감성에 미치는 영향을 간과할 수 없음을 의미한다.

직물이 서로 스치면서 나는 소리는 섬유 제품의 중요한 감성적 특성으로(김기정, 1997), 그 용도와 상황에 따라 착용자에게 쾌적감이나 불쾌감을 주게 되어 의복의 심리생리적 쾌적성을 결정하는 데 큰 영향을 미치는 요소가 된다 (조길수, 김춘

정, 2006; 조자영 외, 2001; 최계연 외, 2002; Cho J. and Cho G., 2007; Cho S. et al., 2006; Slater, 1997). 이은주와 조길수(2001)의 스포츠웨어용 나일론 직물의 소리 감각과 이와 관련된 객관적 파라미터들의 연구에서는, 테피터 나일론 직물들은 다른 섬유 조성의 직물들보다 음압값이 높고, 총음압이 60dB 안팎의 값을 보여 의복으로 착용 시 착용자에게 소음에 의한 불편함을 유발할 것이라 하였다. 또한 주관적 감각의 예측 모델을 세운 결과 직물 소리의 총음압이 50dB 이하 일 때 주관적으로 유쾌하게 느껴진다고 하였다.

따라서 직물소리가 감성소재 개발에 주요한 요소가 될 수 있으므로, 직물 소리 특성을 정량화하고, 직물소리에 대한 사용자의 감성을 객관적으로 측정·평가하여, 소리에 영향을 미치는 변인을 모색해야 할 필요가 있다.

투습발수 직물은 투습성·발수성이라는 서로 상반되는 성질을 동시에 보유하는 복합적인 기능의 직물이다. 빗방울 직경과 수증기 직경 사이의 미세다공을 무수히 형성시켜 외부로부터의 비는 차단함과 동시에 내부의 수증기는 발산하는 것이다. 투습발수 직물의 기능성은 시대의 흐름에 따라 다양하게 발전해 왔다. 초기에는 주로 내수압, 투습도 등의 기본적인 기능을 강화시켜 왔으며, 요즘에는 이러한 기본 기능과 동시에 착용쾌적감과

Corresponding author; Gilsoo Cho
Tel. +82-2-2123-3104, Fax. +82-2-365-5513
E-mail: gscho@yonsei.ac.kr

관련된 감성에 대한 요구가 강해지고 있다(정혜진 외, 2003). 감성에 대한 요구를 충족시키기 위한 연구 중에서 의복 착용 시 동작에 의해 발생하는 마찰음은 무시될 수 없는 하나의 생활 소음이다. 실제로 많은 스포츠 의류 제조회사에서 이 생활소음을 착용성능상의 문제점으로 꾸준히 지적해 오고 있으므로 그 연구의 필요성이 크다고 할 수 있다(조길수, 박미란, 2003).

스포츠웨어는 주로 운동용으로 많이 착용되기 때문에 다른 의복에 비해 특히 직물 간에 스치는 강도가 크다. 또한 스포츠웨어용 소재는 대부분 코팅된 투습발수직물로서 약 70dB 정도의 총음압을 가져 유난히 버스럭대는 소리를 내어 착용자나 상대방에게 불쾌감을 불러일으키기도 하므로(Bishop, 1996) 스포츠 브랜드 의류 제조 회사가 기능성 제품을 상품화하는 과정에서 매우 중요한 문제점으로 삼고 있다. 그러나 직물 마찰음에 대한 해결 방법이 충분히 모색되지 않고 있는 실정이며, 더욱이 이는 현대와 같이 섬유제품의 감성적 만족감이 요구되는 상황에 비추어 볼 때 시급히 해결되어야 한다.

따라서 이번 연구에서는 가공방법이 다른 투습발수 직물의 마찰음을 정량적으로 측정하여 음향적 특성을 산출하고 투습발수 직물의 역학적 성질과 관련시킴으로써, 투습발수 직물의 마찰음을 감소시킬 수 있는 직물의 역학적 성질 및 최적의 가공 방법에 관해 고찰해보고자 한다.

2. 실험

2.1. 시료

현재 의류산업체에서 생산되고 있는 다양한 스포츠웨어용 투습발수 직물 중에서 나일론 100% 4종과 폴리에스테르 100% 4종, 총 8종을 시료로 하였는데, 이들은 가공방법별로 PU 건식코팅 2종, PU 습식코팅 2종, 시레가공 2종, 라미네이팅 2종을 포함한다. 시료의 특성은 Table 1과 같다.

2.2. 직물소리 녹음

잔향이 발생하지 않는 무향실(anechoic room, background noise 20dB)에서 직물소리 발생 장치를 이용하였고, 발생된 소리는 고성능 마이크로폰(Type 4190, B&K)과 Sound Quality System(Type 7698, B&K)을 이용하여 녹음 하였다.

2.3. 직물소리 특성의 정량화

녹음된 직물소리를 FFT(fast Fourier transformation) 분석하여 스펙트럼을 얻었다. 이를 기초로 하여 LPT(Level Pressure of Total Sound, dB), ΔL (Level Range, dB), Δf (Frequency Difference, Hz)를 계산하였다(Fig. 1) (이은주, 조길수, 1999; Yi et al., 2001, 2002 Yi G., 2000^a; Yi & Cho 2000^b; Yi & Cho 2000^c). 직물의 LPT를 구함으로써 직물소리의 객관적 크기를 비교할 수 있고, ΔL 과 Δf 를 사용함으로써 음색을 정량화할 수 있다.

이은주와 조길수의 연구(1999)에서는 총음압인 LPT와 음색요인인 ΔL , Δf 를 가지고 다양한 직물들을 군집분석(cluster analysis)한 결과, 총음압과 음색요인이 직물소리를 구별할 수 있는 의미 있는 물리적 특성이라고 하였다(조길수, 2002).

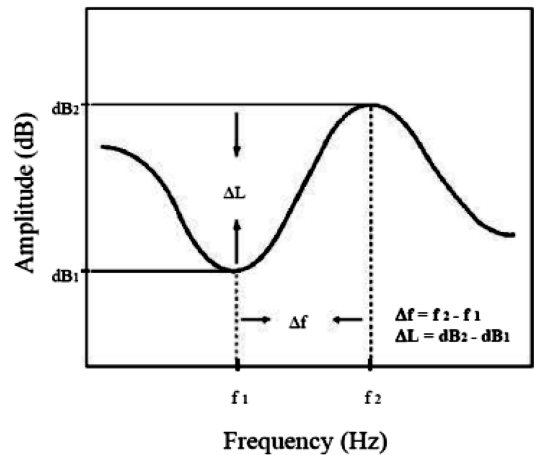


Fig. 1. 소리 스펙트럼에서 ΔL 과 Δf (이은주, 조길수, 1999)

Table 1. 시료의 특성

시료	섬유조성	Yarn Count		Yarn Type	Density	직조형태	가공
		경사	위사				
ND	나일론 100%	120d	68d	Filament/ATY ^{a)}	160×110	평직	PU ^{c)} 건식코팅
NW	나일론 100%	160d	60d	Filament/ATY	162×88	평직	PU 습식코팅
NC	나일론 100%	70d	70d	Filament/Filament	168×92	평직	시레가공
NL	나일론 100%	40d	40d	Filament/Filament	126×115	평직	라미네이팅
PD	폴리에스테르 100%	150d	150d	DTY ^{b)} /DTY	102×62	평직	PU 건식코팅
PW	폴리에스테르 100%	75d	75d	Filament/Filament	160×178	평직	PU 습식코팅
PC	폴리에스테르 100%	75d	75d	DTY/DTY	144×102	평직	시레가공
PL	폴리에스테르 100%	75d	75d	DTY/DTY	128×100	도비직	라미네이팅

a) ATY: air-textured yarn

b) DTY: draw-textured yarn

c) PU: polyurethane

2.4. 직물의 역학적 성질 측정

역학적 특성은 직물의 고유한 특성이므로, 이를 파악함으로써 직물 마찰시 발생하는 소리에 미치는 주요한 영향요인을 파악할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 KES-FB system (KATO Tech, LTD. Co., JAPAN) (Kawabata,1980)을 사용하여 시료의 인장, 굽힘, 전단, 압축, 표면 특성과 두께 및 무게에 관한 17가지 역학적 성질을 측정하였다. 실험은 표준계측 조건(Matsudaira, Kawabata & Niwa, 1985)하에서 실시되었다(이은주 외, 2007).

2.5. 통계분석

SPSS 통계패키지를 이용하여 상관분석, 단계적 회귀분석을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 직물의 소리 스펙트럼

투습발수 직물의 소리를 FFT 분석하여 얻은 음향 스펙트럼 가운데 나일론과 폴리에스테르 각각에서 가공 방법이 다른 4종의 시료에 대한 스펙트럼을 Fig. 2, 3에 제시하였다.

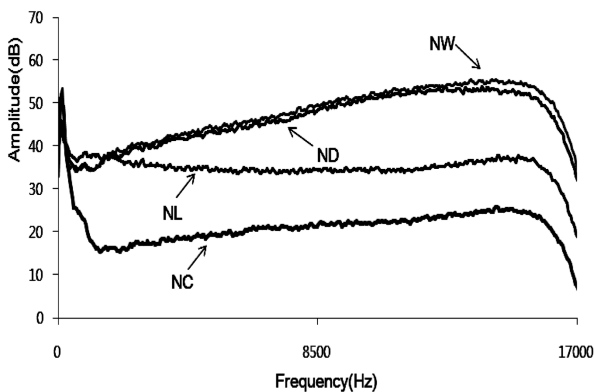


Fig. 2. 나일론 시료의 소리 스펙트럼

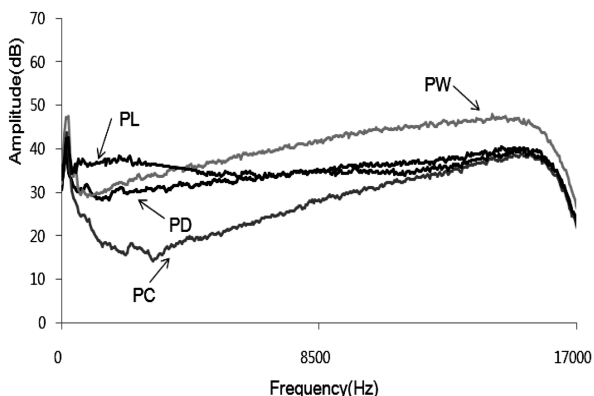


Fig. 3. 폴리에스테르 시료의 소리 스펙트럼

직물소리는 0~17,230Hz의 주파수 범위를 보였으며, 약 1~58dB의 음압 범위를 나타내었다.

나일론 직물의 경우에는 전 주파수대에 걸쳐 코팅 처리한 직물이 라미네이팅이나 시레 가공한 직물 보다 음압이 높게 분포하여 전체 가청 주파수 영역에서 소리의 크기가 더 세고 고음의 소리가 날 것으로 예상되었다.

폴리에스테르 직물의 경우에는 약 4,200Hz 이하의 주파수 영역에서 라미네이팅 직물이 가장 높은 음압을 나타내므로 저 주파대에서는 라미네이팅 직물의 소리가 가장 클 것으로 예상되었다. 시레 가공 직물은 약 4,000Hz에서는 이파리가 살랑거리는 정도의 작은 소리인 약 10dB을 나타내고, 약 15,000Hz에서는 일상생활의 실내소음과 유사한 40dB에 가까운 음압을 나타내어, 동일한 직물에 대해서도 주파수에 따라 음압이 다양하게 나타날 수 있음을 확인할 수 있었다.

나일론과 폴리에스테르 시료 사이에 주파수 영역에 따라 음압분포 형태의 차이가 있긴 하지만 전체적으로 나일론 및 폴리에스테르 직물 모두에서 시레 가공 처리된 직물이 가장 낮은 음압분포를, 습식코팅 직물이 가장 높은 음압분포를 나타내고 있었다. 그리고 건식코팅이나 라미네이팅 직물은 습식코팅과 시레 가공 직물 사이에 분포되어 있었다. 또한 라미네이팅 처리된 직물을 제외한 모든 시료에서 약 15,000Hz 정도까지 전반적으로 음압이 증가하여 고주파수대로 갈수록 큰 소리를 나타내는 것으로 나타났고, 라미네이팅 직물은 완만한 음압 곡선을 나타내어 주파수 범위의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다.

즉, 섬유조성에 따른 차이보다 가공방법의 차이가 소리 스펙트럼의 파형에 더 큰 영향을 미침을 예측할 수 있다.

3.2. 직물의 음향 특성

총음압 LPT의 범위는 51.9~77.0dB로, 이는 관련 선행 연구(Cho et al., 2006; Yi & Cho 2001; Yi and Cho, 2000)에서 다양한 조성섬유의 직물들(실크 satin: 36.62~53.8dB, 울 twill: 48.74~52.96dB, 면 plain: 49.33~ 52.03dB)에 비해 높으며, 코팅 가공되지 않은 폴리에스테르나 나일론(폴리에스테르 satin: 34.22~50.2dB, 나일론 taffeta: 44.87~61.91dB)에 비해 마찰음이 큼을 알 수 있다.

가공별 LPT 평균값은 시레 가공(55.85) < 라미네이팅(62.1) < 건식코팅(66.75) < 습식코팅(70.95)의 순서로 나타났고, 나일론과 폴리에스테르 시료 각각에서도 습식코팅이 가장 높은 LPT 값을 기록하였다(Fig. 4). 이는 위의 소리 스펙트럼 파형경향과 일치하는 결과이다. 습식코팅 방법은 코팅 후 직물이 매우 뻣뻣해지는데, 이로 인해 더 크고 거친 소리가 발생하여 LPT 값이 가장 높게 나타난 것으로 사료된다.

시료의 ΔL과 Δf는 Fig. 5와 같다. ΔL은 나일론의 경우 시레 가공이 높게 나타났으며, 코팅방법에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 폴리에스테르의 경우 다른 가공 방법에 비해 라미네이팅이 가장 높은 ΔL값을 나타내었다. Δf는 코팅가공보다는 시레 가공이나 라미네이팅의 경우 Δf의 절대값이 크게 나

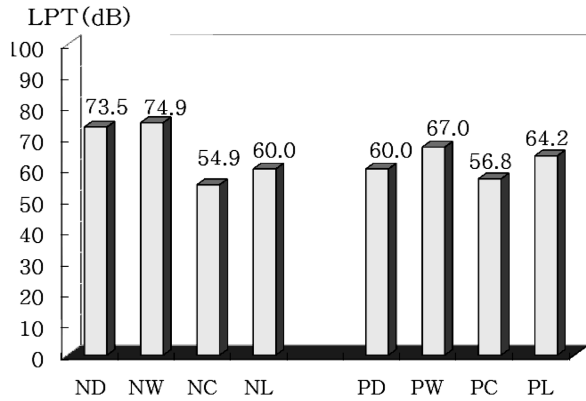


Fig. 4. 시료의 LPT값

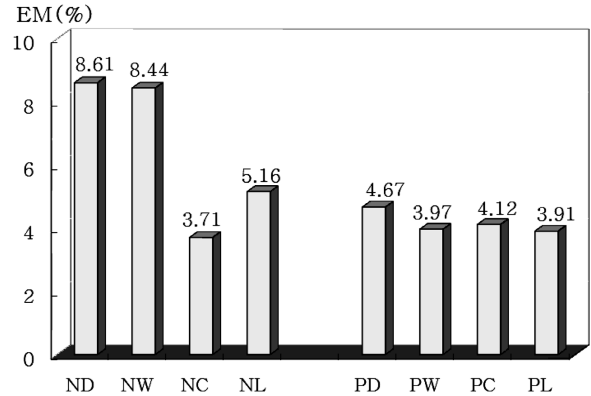


Fig. 6. 시료의 신장성(EM)

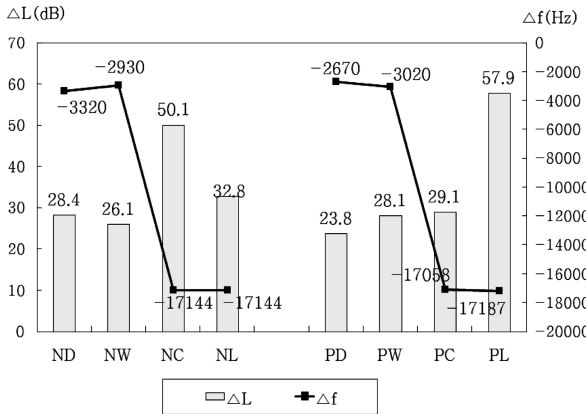


Fig. 5. 시료의 ΔL과 Δf값

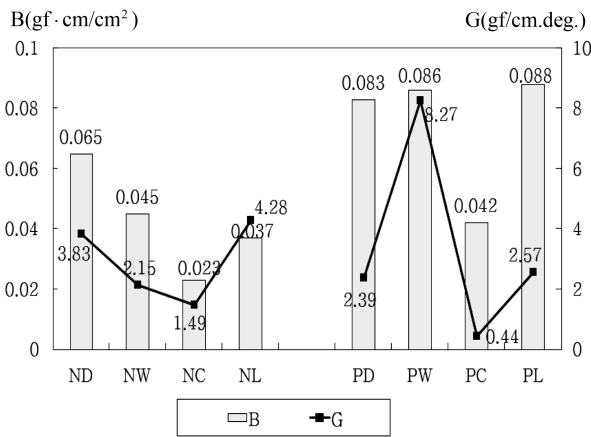


Fig. 7. 시료의 굽힘강성(B)과 전단강성(G)

타났으며, 음향 스펙트럼 커브가 모두 저주파 대역에서 최고음압을 기록하였기 때문에 음의 값을 나타내었다.

3.3. 직물의 역학적 성질 평가

KES-FB system으로 측정한 17개의 역학적 성질 중에서 인장, 굽힘, 전단, 압축, 표면 특성과 두께 및 무게에 관련된 대표적인 성질에 대한 그래프를 Fig. 6~10에 나타내었다.

시료의 신장성(EM)은 Fig. 6과 같이 나일론과 폴리에스테르 시료 모두에서 건식코팅 시료가 가장 높은 값을 나타내므로, 잘 늘어나는 특성이 있음을 알 수 있다.

굽힘 및 전단변형에 대한 저항은 시레 가공 시료가 다른 가공 시료보다 작으므로(Fig. 7) 가장 시료를 유연하게 하고 전단 방향으로 변형이 잘 일어나게 하는 가공방법임을 알 수 있다. 가공별로 굽힘강성(B) 평균값을 비교해본 결과 시레 가공(0.0325) < 라미네이팅(0.0625) < 건식코팅(0.074) < 습식코팅(0.1655)의 순서로 나타나, 코팅가공 시료는 잘 굽혀지지 않고 뻣뻣함을 알 수 있다.

직물의 압축 특성과 관련된 압축변형시의 에너지(WC)는 건식코팅 시료가 다른 가공보다 크게 나타나(Fig. 8), 건식코팅

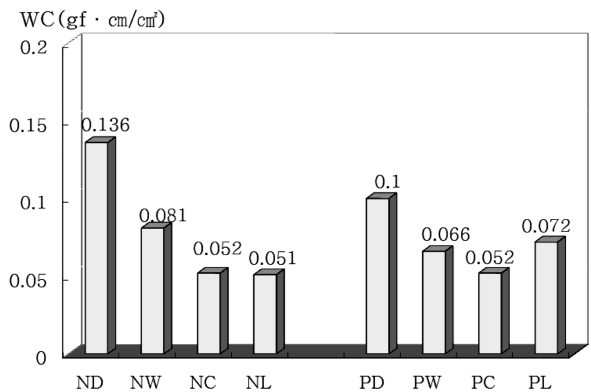


Fig. 8. 시료의 압축에너지(WC)

가공이 다른 가공보다 직물에 폭신하고 벌키함을 부여하는 가공 방법을 예측할 수 있다.

표면의 기하학적 거칠기(SMD)는 Fig. 9와 같이 건식코팅이 가장 큰 값을 나타내므로 가장 거친 표면을 갖고 있음을 알 수 있다. 가공별 평균적으로 라미네이팅이 가장 작은 SMD(1.828)를 가져 가장 표면이 매끈한 반면, 표면마찰계수(MIU)

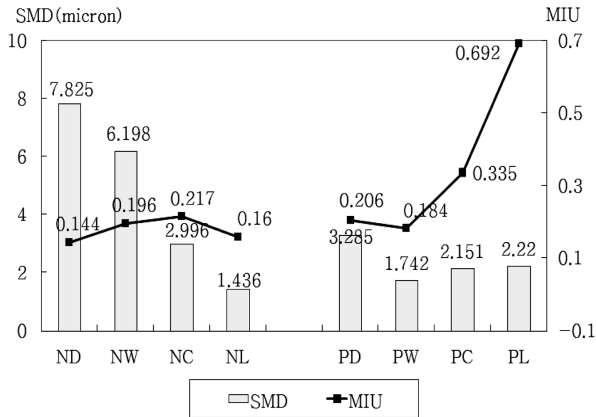


Fig. 9. 시료의 표면 거칠기(SMD)와 표면마찰계수의(MIU)

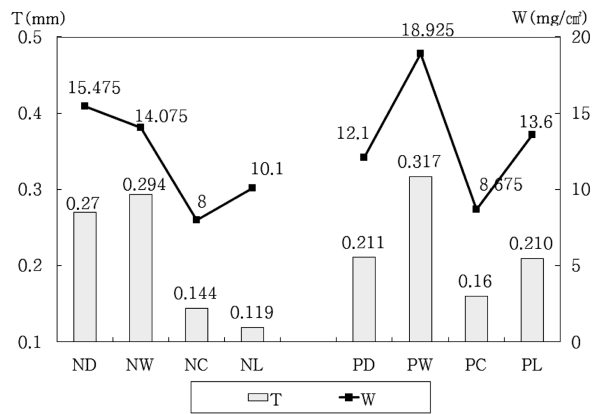


Fig. 10. 시료의 두께(T)와 무게(W)

의 평균값은 0.426으로 가장 커서 마찰에 대해 잘 미끄러지지 않는 것으로 나타났다.

Fig. 10을 보면, 코팅가공 시료가 시레 가공이나 라미네이팅 처리된 시료보다 무겁고, 두꺼움을 알 수 있다.

3.4. 직물의 소리 특성과 역학적 성질 간의 상관관계

시료의 17가지 역학적 성질과 LPT, ΔL, Δf와 같은 소리특성 사이의 상관관계를 분석하였다.

Table 2에 따르면, LPT는 신장성, 인장에너지, 표면거칠기, 두께, 무게와 높은 상관관계를 나타내었다. 즉 잘 늘어나고, 표면이 거칠고, 두껍고 무거울수록 직물소리가 더 커진다는 것을 의미한다.

ΔL은 인장선형성과 마찰계수와 높은 상관관계를 가져, 직물 표면에서 마찰에 의해 잘 미끄러지지 않을수록 주파수별 음압의 차이가 크게 생기는 것으로 해석 할 수 있다. Δf는 인장선형성과는 부적 상관관계를, 두께 및 무게와는 정적 상관관계를 나타내었다.

가공방법 따른 투습발수직물의 소리특성과 역학적 성질간의 관계를 단계적 선형회귀분석을 통해 고찰한 결과는 Table 3과

Table 2. 소리특성과 역학적 성질 간의 상관관계

	LPT	ΔL	Δf
EM	0.830 ^{a)}	-0.463	0.568
LT	-0.573	0.748 ^{a)}	-0.893 ^{b)}
WT	0.724 ^{a)}	-0.269	0.280
RT	0.020	-0.608	0.267
B	0.239	-0.188	0.454
2HB	0.155	-0.129	0.549
G	0.355	-0.226	0.433
2HG	0.470	0.223	0.355
2HG5	-0.166	-0.020	0.077
LC	0.062	0.682	-0.443
WC	0.646	-0.349	0.698
RC	-0.098	-0.123	0.475
MIU	-0.156	0.728 ^{a)}	-0.496
MMD	0.352	-0.329	0.385
SMD	0.740 ^{a)}	-0.311	0.584
T	0.830 ^{a)}	-0.374	0.838 ^{b)}
W	0.759 ^{a)}	-0.275	0.727 ^{a)}

a) means p< .05

b) means p< .01

Table 3. 단계적 선형회귀분석 결과

Y	Regression Model	Adjusted R ²
LPT	Y= 2.383EM + 1.104W + 37.299	0.940
ΔL	Y= 86.825LT - 31.612	0.487
Δf	Y= 42161.386T - 34623.422LT - 29826.042	0.928

같다.

역학적 특성치 중에서 신장성(EM)과 무게(W)가 LPT를 예측하는 주요인으로 나타났고, ΔL, Δf와 비교하여 LPT에 대한 직물의 역학적 특성의 설명력이 R²=0.940으로 가장 높음을 알 수 있었다. ΔL에 대해서는 인장선형성(LT)만이 회귀식에 선택 되는 것으로 나타났다(R²=0.487). 다른 소리특성과 비교하여 ΔL의 설명력이 그다지 높지 않은 것으로 보아 KES system에 의한 역학적 특성 외에 ΔL을 설명할 수 있는 다른 변수들을 규명하는 것이 필요할 것으로 보인다. Δf는 두께(T), 인장선형성(LT)에 의해 주로 설명될 수 있으며, 이 중 두께의 영향력이 더 큰 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

이번 연구에서는 다른 종류의 직물에 비해 마찰음이 커서 소음 문제로까지 야기되고 있는 스포츠웨어용 투습발수 직물의 가공방법에 따른 직물 마찰음의 음향적 특성과 역학적 성질 그리고 그들 사이의 관계를 살펴보았다.

가공방법에 따른 LPT를 보면, 나일론과 폴리에스테르 모두 습식코팅의 경우 각각 77dB과 67dB로 가장 높게 나타났다. 특히 나일론의 경우 시레 가공이나 라미네이팅이 코팅가공과 10dB 이상 차이가 나는 낮은 LPT를 나타내고 있어 내수압, 발

수도가 동일한 조건이라면, 코팅가공보다는 시레 가공이나 라미네이팅이 직물 마찰음을 감소시키는 데 더 유리한 가공 방법이 될 것이다. 즉, 코팅보다 시레 가공이나 라미네이팅 방법으로 스포츠웨어를 제작하는 것이 마찰에 의한 소음을 감소시켜, 청각적 감성을 높이는 방법이라고 생각된다.

역학적 성질을 보면, 코팅 가공을 할 경우에 굽힘 및 전단변형에 대한 저항이 커지므로 직물이 뻣뻣해짐을 알 수 있었다. 또한 표면 거칠기와 압축에너지는 커진다. 라미네이팅의 경우는 표면의 기하학적 거칠기가 1.436micron으로 가장 작게 나타났다. 이는 표면에 필름막을 부착함으로써 표면을 고르게 하였기 때문으로 생각된다.

LPT는 신장성, 인장에너지, 표면 거칠기, 두께, 무게와 높은 상관관계를 나타내었고, 회귀분석 결과 신장성과 무게가 LPT를 예측하는 주요 요인임을 확인할 수 있었다. Δf 의 경우, 인장선형성, 두께 및 무게와 상관관계가 있었고, 회귀분석 결과 Δf 를 예측하는데 두께의 영향력이 큰 것으로 나타났다.

따라서 의복의 고기능성을 위해 사용되는 가공방법은 직물의 두께, 무게와 관련이 있고, 이는 직물 소리의 청각적 감성의 장애 요인이 될 수 있으므로, 투습발수 기능을 위한 가공법의 경량화는 소재 개발에 있어서 중요한 전략적 접근으로 사료된다.

이와 같이 본 연구는 스포츠웨어 착용 시 마찰음에 의한 소음 방지와 더 나아가 청각적 감각성능을 만족시키는 투습발수 소재 개발을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

또한 본 연구의 범위는 직물 마찰음의 음향적 특성과 역학적 특성으로 제한되어 있으므로, 앞으로 직물소리에 대한 주관적 감각 및 생리적 반응 평가에 대한 연구가 더 필요할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R01 -2007- 000-20754-0(2007)).

참고문헌

김기정. (1997). 투습성 방수가공, *한국섬유공학회지*, **24**(6), 699-708.
 이은주, 김춘정, 조길수. (2007). 왕복마찰에 의한 전통 견직물의 소리 특성-일방마찰과의 비교와 역학적 성질에 의한 예측-, *한국섬유공학회지*, **44**(3), 172-182.
 이은주, 조길수. (2001). 스포츠 아우터웨어를 위한 나일론 직물의 소리 감성과 이에 관련된 객관적인 파라미터, *한국의류학회지*,

25(9), 1593-1602.

이은주, 조길수. (1999). 직물이 스치는 소리의 특징 파라미터와 직물의 역학적 성질간의 관계, *한국섬유공학회지*, **36**(5), 406-410.
 정혜진, 김춘정, 조길수. (2003). 스포츠웨어용 직물의 소리특성이 근전도와 주관적 감각·감성에 미치는 영향, *한국감성과학회지*, **6**(1), 27-32.
 조길수, 김춘정. (2006). 소리특성과 생리적 반응을 이용한 편성물의 소리디자인 시스템, *한국섬유공학회지*, **43**(5), 272-280.
 조길수, 박미란. (2003). 스포츠웨어용 투습발수직물의 마찰음과 관련 역학적 성질 비교, *한국감성과학회지* 춘계학술대회 논문집, pp. 10-15.
 조길수. (2002). 감성의류 연구의 현황과 방법론, *한국생활환경학회지*, **9**(3), 195-205.
 조지영, 이은주, 손진훈, 조길수. (2001). 직물 마찰음에 대한 심리생리적 반응, *한국감성과학회지*, **4**(2), 79-88.
 최계연, 김춘정, 조길수. (2002). 견직물의 마찰음에 대한 물리적 성질과 감성과의 관계, *한국감성과학회지*, **5**(3), 39-46.
 Bishop, D. P. (1996). Fabrics: Sensory and Mechanical Properties, *Textile Progress*, **26**(3), 1-57.
 Cho, J., & Cho, G. (2007). Determining the Psychoacoustic Parameters That Affect Subjective Sensation of Fabric Sounds at Given Sound Pressures, *Textile Research Journal*, **77**(1), 29-37.
 Cho, S., Yi E., & Cho, G. (2006). Psychological and Physiological Responses to the Rustling Sounds of Korean Traditional Silk Fabrics, *Fibers and Polymers*, **7**(4), 450-456.
 Kawabata S. (1980). The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, 2nd Ed., Textile Machinery Society of Japan, Osaka.
 Kroemer, K.H. E., Kroemer, H. B., & Kroemer-Elbert, K. E. (1994), *Ergonomics: How to Design for Ease & Efficiency* (1st. ed.), Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.
 Slater K. (1997). Subjective Textile Testing, *Journal of Textile Institute*, **88**(2), 79-91.
 Yi, E., Na, Y. Casali, J. G., & Cho, G. (2002). A Fabric Sound Evaluation System for Totally Auditory-Sensible Textiles, *Textile Research Journal*, **72**(7), 638-644.
 Yi, E., & Cho, G. (2001). Sound Sensation and Its Related Objective Parameters of Nylon Fabrics for Sports Outerwear, *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, **25**(9), 1593-1602.
 Yi, E., & Cho, G. (2000a). Fabric Sound Parameters and Their Relationship with Mechanical Properties, *Textile Research Journal*, **70**(9), 828-836.
 Yi, E., & Cho, G. (2000b). Fabric Sound Classification by Autoregressive Parameters, *Journal of Textile Institute*, **91**(4), 530-545.
 Yi, E., & Cho, G. (2000c). Relationship between Fabric Sound Parameters and Subjective Sensation, Proceedings of International Sensibility Ergonomics Symposium, Seoul, pp. 198-143.
 (2008년 1월 31일 접수/2008년 7월 17일 1차수정/2008년 8월 14일 게재확정)