

## 스포츠웨어용 직물의 소리특성이 근전도와 주관적 감각·감성에 미치는 영향

### Effect of Fabric Sound from Active Wear on Electrodiagnosis and Subjective Sensation and Sensibility

정혜진 · 김춘정 · 조길수\*

Hyejin Chung, Chunjeong Kim, Gilsoo Cho

**Abstract :** The objectives of this study were to identify the effects of fabric noise from active wear on electrodiagnosis(EMG), to examine the effects on subjective sensation, and to relate the EMG results and the subjective sensation. Five nylon water repellent taffeta fabrics were rubbed each other and the fabric noise were recorded. EMG was done from 10 female university students and electrodes were attached on each participant's upper arm and lower arm. The subjective sensation was measured by FMME(Free Modulus Magnitude Estimation). The EMG values from upper arm showed higher voltage than those from lower arm, and the differences between values with fabric sound and without were larger at upper arm than those at lower arm. EMG decreased when fabric sound was evaluated soft and pleasant, however it increased in proportion as fabric sound was evaluated loud and sharp. The predicted models for subjective sensation using physical sound properties and EMG results were well explained except roughness. Pleasantness was well predicted by EMG at upper arm and EMG at lower arm, as the result, it was explained that the lower the EMG, the more pleasant the participant.

**Key word :** Fabric Sound, EMG, FMME(Free Modulus Magnitude Estimation), Sensation, Sensibility

**요 약 :** 본 연구에서는 스포츠웨어용 나일론 직물 소리가 심한 소음으로 인해 불편감을 주므로 이를 감소시키기 위한 방안으로, 5개의 나일론 직물소리를 녹음하여 이를 피험자에게 들려 주면서 EMG와 주관적 감각을 측정함으로써, 직물 소음이 근전도와 주관적 감각에 미치는 영향을 고찰하였다. 근전도는 상완이두근과 전완근에서 측정하였고, 주관적 평가는 자유식 크기평가법(Free Modulus Magnitude Estimation)을 이용하였다.

직물 소리에 대한 상완이두근의 근전도 값은 전완근의 근전도값보다 컸으며, 소리자극 유무시의 차이값도 상완이두근에서 크게 나타났다. 직물의 소리가 부드럽고 유쾌할수록 근전도값은 무자극시보다 감소하는 경향을 보였으나, 직물의 소리가 시끄럽고 날카로울수록 근전도값은 무자극시보다 증가하였다. 직물의 소리는 상완이두근의 근전도 값에 영향을 미쳐, 직물 소음의 크기, 날카로움 등과 정적인 관계를 보이는 것을 볼 수 있었다. 직물소리의 물리적 특성과 근전도로부터 나일론 직물 소리에 대한 감각·감성 예측식에서는 높은 예측력을 보였다. 맑고, 거칠고, 높은 소리감각을 제외한 예측식에서 소리특성 외에 생리신호인 근전도가 포함되어 직물소리 감성을 예측하는 의미있는 파라미터임을 알 수 있었다.

**주요어 :** 직물소리, 근전도, 자유식크기평가, 감각, 감성

## 1. 서 론

최근 생활수준이 향상되고 레저와 스포츠 등 여가

생활의 비중이 늘면서 스포츠웨어의 수요가 급속도로 증가하고 있다. 이와 같은 라이프스타일 변화로 의복의 기능성이 중시되면서, 의복소재에 기능성을

\*To whom correspondence should be addressed, E-mail: gscho@yonsei.ac.kr

부여하기 위한 직물가공이 다양하게 이루어지고 있다. 특히, 스포츠웨어용 소재는 대부분 코팅된 투습 방수직물로서 유난히 버스럭대는 소리를 내는데, 경우에 따라서는 이 소리가 자신뿐만 아니라 상대방에게 불쾌감을 주거나 방해가 되기도 한다.

이와 같이 직물에서 발생하는 소리는 용도와 상황에 따라 인간의 감성에 영향을 미치며, 이를 파악하기 위한 일련의 연구가 진행되고 있다. 최근 의류산업에서는 신체적·심리적으로 즐거움을 줄 수 있는 감성 제품 개발을 위해 의류제품의 사용에 있어서 인간이 느끼는 다양한 감성과 심리 정보를 객관화하고 데이터베이스화하기 위한 연구가 진행되고 있다 [1].

직물의 마찰음의 특성에 따른 생리적 반응에 관한 연구[2]에서는 직물소리를 부드럽고 조용하며 맑다고 지각할수록 slow alpha파가 증가하였고, 유쾌하고 매끄럽다고 평가할수록 혈류량은 증가하여 직물 마찰음의 특성에 따른 심리생리적 반응에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 그러나 아직까지 직물소음이 근전도에 미치는 영향을 고찰한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

Hirao 등[3]은 생리반응을 이용한 직물의 태평가법에서 근전도가 감성과 깊은 관계가 있다고 보고하였는데, 이것이 직물의 감성연구에서 촉각자극에 따른 근전도 변화를 활용한 유일한 결과이다. 이처럼, 아직까지 직물소리가 감성에 미치는 연구에서 근전도를 활용한 예는 찾아볼 수 없다.

근전도(Electrodiagnosis)는 근에 나타나는 전기적 변화를 기록한 것으로 근육의 수축정도 즉, 근력을 평가하는 지표로서[4], 근육내의 전기적 활동을 탐색

하고 증폭하여 기록하는 것이다. 이러한 근전도는 기초 의학적 연구 분야의 인체역학에서 뿐만 아니라 임상에서 신경근육계 질환의 감별진단에 이용될 수 있고 골격근과 신경근을 평가하고 치료하는데 사용될 수 있으며 최근에는 운동치료분야에서도 응용되고 있다[5].

본 연구에서는 스포츠웨어용 나일론 직물의 소리를 녹음한 후, 이를 피험자에게 들려줌으로써, 직물 소리에 따른 생리적 반응인 근전도의 변화를 고찰하고, 이와 직물의 물리적 소리특성과의 관계를 분석하였다. 또한, 직물소리에 대한 주관적 감각·감성 평가를 실시하여 직물의 소리가 근전도와 주관적 감각·감성에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 시료

시료는 시판되고 있는 의류용 나일론 직물 5종을 선정하였으며, 시료의 특성은 Table 1과 같다.

### 2.2 직물 소리의 측정 및 음색의 정량화

직물의 소리는 직물소리발생장치[6]를 이용하여 직물이 서로 스치는 소리를 발생시키고 고성능 마이크로폰(Type 4190, B&K)과 Sound Quality System (Type 7698, B&K)을 이용하여 녹음하였다.

소리 자극물들의 스펙트럼으로부터 LPT(총음압),  $\Delta L$ (Level range),  $\Delta f$ (Frequency difference)와 AR (autoregression) 파라미터 중에서 ARC(AR constant)[7]로 직물의 소리를 정량화하였다. 그 특성은 Table 2에 제시하였다.

Table 1. Characteristics of specimens

Specimen	Fabric Name	Yarn Type	Construction	Thickness(mm)	Weight(g/m <sup>2</sup> )
N1*	taffeta	filament	plain	0.31	188.9
N2	taffeta	filament	plain	0.10	65.5
N3*	taffeta	filament	plain	0.18	102.9
N4	taffeta	filament	plain	0.20	101.8
N5	cotton-like taffeta	filament	plain	0.13	80.5

\* polyurethane coated

Table 2. Physical Sound Parameters of Nylon Taffeta Fabrics

Specimen	LPT (dB)	ΔL (dB)	Δf (Hz)	ARC (-)
N1*	66.0	26.2	11196.9	26.9
N2	44.4	18.3	-5770.7	20.1
N3*	68.4	25.3	16626.9	27.9
N4	67.3	25.8	15846.9	28.4
N5	63.0	22.3	16406.9	29.7

\* polyurethane coated

### 2.3 근전도 측정

직물 소리 자극에 대한 근전도 측정은 ME300 (Mega Electronics Ltd.)을 사용하였으며 실험 참여자는 근육 및 신경계통의 질병을 앓은 적이 없는 10명의 여대생을 대상으로 하였다.

근전도 측정은 아령운동 시에 요구되어지는 반복 수축·이완 운동 시 근전도 신호가 비교적 강하게 나오는 상완이두근과 전완근에 전극을 부착하였다.

실험 참여자는 10분 동안의 휴식을 취한 후, 2kg 하중의 아령을 들고 소리자극이 없는 상태에서 12회 반복수축·이완 운동을 하였으며, 5분간 휴식 후 소리자극을 들으면서 12회의 반복 수축·이완 운동을 하였다. 운동시의 상완이두근과 전완근의 근전도값이 측정되었다. 10분간 휴식 후 위의 과정을 5개의 직물소리자극에 대해 반복 측정하였다.

이 때 소리 자극물은 컴퓨터에 연결된 헤드폰을 착용시켜서 소리를 들려주었으며, 직물소리는 무작위로 제시되어 피험자가 어떤 직물의 소리를 듣게 되는지 알 수 없도록 하였다.

### 2.4 주관적 감각·감성 측정

주관적 감각·감성평가를 하기 전에 선별실험을 실시하였다. 선별실험은 audiometer를 이용하여 Houghson-Westlake의 "5dB up, 10 dB down"의 방법으로 주파수가 다른 5가지 순음(500, 1000, 2000, 3000, 4000 Hz)에 대한 피험자의 역치가 25dB이하 일 때 정상으로 판정하였다.

설문지는 선행연구[8]에서 사용한 7개의 감각·감성 형용사를 추출하여 자유식크기평가법(Free Mo-

dulus Magnitude Estimation)으로 구성하였다. 감성 문항 별로 직물소리에 대한 감각의 강도에 비례하는 숫자를 자유롭게 적도록 하였으며, 이를 아래의 변환 공식으로 변환한 후 자료분석에 사용하였다.[9]

- 1) 각 점수를 로그화한다.
- 2) 각 시료에 대해 각 피험자가 2회 반복 측정된 점수의 산술 평균을 구한다.
- 3) 피험자 명단을 열에, 소리 자극물인 시료의 종류를 행에 위치하는 표를 작성한다.
- 4) 각 열의 산술평균을 구한다.
- 5) 4)단계에서 구한 값들의 산술평균을 계산한다.
- 6) 4)단계에서 구한 각각의 값에서 5)의 값을 뺀다.
- 7) 3)의 단계에서의 값들에서 6)의 단계에서 구한 값을 빼준다.
- 8) 7)의 단계에서 구한 값에서 로그를 푼다.

### 2.5 통계분석

SPSS 통계 패키지를 이용하여 피어슨 상관분석과 단계적 회귀분석을 실시하였다.

## 3. 결과 및 분석

### 3.1 직물소리에 대한 근전도 분석

직물의 소리에 따른 근전도의 변화를 알아보기 위해 직물 소리자극이 없는 상태와 소리자극이 주어진 상태에서 아령운동시의 상완이두근과 전완근의 근전도값을 측정된 결과는 Table 3과 같다.

직물 소리에 대한 상완이두근의 근전도 값은 전완근의 근전도값보다 컸으며, 소리자극 유무시의 차이 값도 상완이두근에서 크게 나타났다.

상완이두근에서는 N2와 N5직물을 제외한 나머지 직물에서 무자극시보다 근전도값이 증가하였다. 이중 코팅직물인 N1, N3의 근전도값은 233μV와 229.57μV로 다른 직물보다 근전도값이 컸다.

전완근의 경우는 N4를 제외한 모든 직물에서 무자극시보다 3-4μV정도 증가하였으나, 상완이두근에 비해 근전도의 증가량은 작게 나타났다.

**Table 3.** Average EMG Values and Differences (EMG with sound-EMG blank) obtained 10 participants

Specimen	Upper arm		Lower arm	
	Average EMG ( $\mu V$ )	EMG difference ( $\mu V$ )	Average EMG ( $\mu V$ )	EMG difference ( $\mu V$ )
N1*	233.00	12.43	142.29	3.15
N2	214.43	-6.14	143.57	4.43
N3*	229.57	9.00	143.29	4.15
N4	223.43	2.86	131.86	-7.29
N5	219.14	-1.43	143.00	3.86
Blank	220.57	-	139.14	-

\* polyurethane coated

### 3.2 직물소리의 주관적 감각 · 감성 평가

자유식 크기평가법에 의해 나일론 직물 소리에 대한 주관적 감각 · 감성을 평가한 결과는 Figure 1과 같다.

부드러움과 맑음, 유쾌한 점수는 대부분 5이하로 낮았으나 시끄러움과 거침은 10 이상의 높은 점수를 받아 7개의 감각 · 감성 허용시간에 점수차이가 크게 나타났다. 이것은 N2를 제외한 대부분의 나일론 직물들의 LPT가 60dB이상의 시끄러운 직물로서 면직

물이나 폴리에스테르직물의 LPT보다 높은 값을 보여 거칠고, 시끄러우며, 날카롭고, 유쾌하지 않게 인지되는 것으로 생각된다. 반면, LPT와  $\Delta f$ 가 작은 값을 보인 N2는 가장 부드럽고 유쾌하다고 인지되었다.

### 3.3 소리특성과 근전도와의 관계

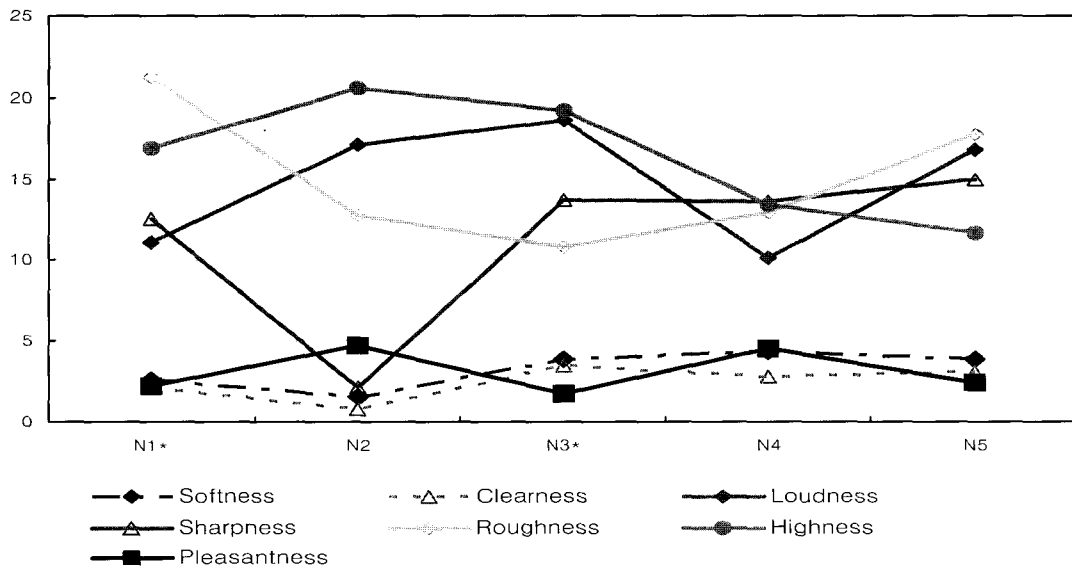
나일론 직물의 물리적 소리특성과 근전도와의 관계를 분석하기 위해 상관분석을 실시한 결과는 Table 4와 같다.

상완이두근의 근전도값은 LPT,  $\Delta L$ ,  $\Delta f$ 와 정적상관을 보여 LPT,  $\Delta L$ 과  $\Delta f$ 가 증가할수록 상완이두근의 근전도 값이 증가하였다. 반면, 전완근의 근전도값은 소리물리량과 유의적인 상관을 보이지 않는 것으로

**Table 4.** Correlation Coefficients between Physical Sound Properties and EMG

	EMG	
	Upper arm	Lower arm
LPT	0.77**	-0.36
$\Delta L$	0.88**	-0.44
$\Delta f$	0.57*	-0.33
ARC	0.49	-0.31

\*p<0.05, \*\*p<0.01



**Fig. 1.** Sound Sensation and Sensibility of Nylon Fabrics by FMME

나타났다.

### 3.4 근전도와 주관적 감각·감성 평가와의 관계

나일론 직물의 소리에 대한 근전도와 주관적 감각·감성과의 상관분석을 실시한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Correlation Coefficients between subjective Sensation and EMG

	EMG	
	Upper arm	Lower arm
Softness	-0.30	-0.56*
Loudness	-0.35	0.73**
Sharpness	0.59*	-0.29
Clearness	0.47	-0.20
Roughness	0.32	0.21
Highness	0.38	0.47
Pleasantness	-0.67*	-0.52*

\*p<0.05, \*\*p<0.01

상완이두근의 근전도값은 날카로움과는 정적상관(p<0.05)을 유쾌함과는 부적상관(p<0.01)을 보여, 소리가 날카롭고 유쾌하지 않다고 느낄수록 상완 이두근의 근전도값은 증가하였다. 또한 전완근의 근전도값은 시끄러움과는 정적 상관관(p<0.01) 부드러움과 유쾌함에서는 부적상관을(p<0.05)보여 소리가 시끄럽고 유쾌하지 않을수록 전완근의 근전도 값은 증가하였다. 유쾌함은 유일하게 상완이두근과 전완

근 모두에서 의미있는 부적 상관관계를 보였다.

### 3.5 주관적 감각·감성 예측모델

직물소리의 물리적 특성과 근전도값으로 주관적 감각·감성을 예측하기 위해 회귀분석을 실시한 결과는 Table 6과 같다. '거침'을 제외한 6가지 감각·감성에 대해 0.73이상의 높은 예측력을 보였다.

부드러움은 Δf가 증가하고 상완 이두근의 근전도값이 감소할수록 높게 평가되는 경향을 보였다. 시끄러움은 소리특성 외의 전완근의 근전도만으로 예측되어, 전완근의 근전도가 증가할수록 시끄럽다고 인지하였다. 날카로움은 ARC와 상완 이두근의 근전도와 정적상관을 보이며 예측력은 0.99로 매우 높게 나왔다.

맑음과 높음에서는 근전도값을 제외한 소리의 물리적 특성만으로 예측식이 성립하였는데, Δf가 증가할수록 소리가 맑다고 인지하였으며, ARC가 감소하고 Δf가 증가할수록 소리가 높다고 인지하는 경향을 보였다. 유쾌한 감성은 상완 이두근의 근전도와 전완근의 근전도가 감소할수록 더 유쾌한 감성을 유발하는 것으로 나타났다.

이와 같이, 맑고, 거칠고, 높은 감각을 제외한 나일론 직물 소리에 대한 감각·감성 예측 식에서 소리특성 외에 생리신호인 근전도가 포함되었으며, 높은 예측력을 보여 직물소리 감성을 예측하는 파라미터로서 생리신호인 근전도가 유의하게 사용되었음을 확인할 수 있었다.

Table 6. Subjective Sensation and Sensibility predicted by EMG and Physical Sound Parameters

	Regression Model	R <sup>2</sup>
Softness	Y= 0.001[Δf]-0.05[EMG(u*)]+13.28	0.96
Loudness	Y= 0.559[EMG(l**)]-64.008	0.73
Sharpness	Y= 1.303[ARC]+0.09[EMG(u*)]-44.0	0.99
Clearness	Y= 0.0001[Δf]+1.261	0.96
Highness	Y= -3.65[ARC]+0.001[Δf]+100.98	0.94
Pleasantness	Y= -0.127[EMG(u*)]-0.149[EMG(l**)]+52.39	0.86

\*EMG at upper arm

\*\*EMG at lower arm

#### 4. 결 론

본 연구는 스포츠웨어용 나일론 직물의 소리에 따른 근전도의 변화와 직물의 물리적 소리특성과의 관계를 분석하고, 직물소리에 대한 주관적 감각·감성 평가를 실시함으로써 직물 소리가 근전도와 주관적 감각·감성에 미치는 영향을 살펴보았다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 나일론 직물소리에 따른 상완이두근과 전완근의 근전도값은 소리자극 제시 전보다 전반적으로 증가하는 경향을 보였으며, 상완이두근의 근전도 값의 변화가 더 크게 나타났다.
2. 나일론 직물소리에 따른 주관적 감각·감성 변화는 LPT,  $\Delta L$ ,  $\Delta f$ 가 큰 대부분의 나일론 직물이 시끄럽고 거칠게 느낀 반면, 유쾌하지 않다고 평가되었다.
3. 나일론 직물소리의 물리적 특성은 상완이두근의 근전도값에만 영향을 미쳐 LPT,  $\Delta L$ ,  $\Delta f$ 가 증가할수록 근전도 값이 증가하였다.
4. 주관적 감성 평가에서 시끄럽고 날카롭다고 평가된 직물에서는 근전도값이 다른 직물보다 크게 나왔으며, 부드럽고 유쾌하다고 평가된 직물에서는 근전도값이 감소하는 경향을 보였다.
5. 나일론 직물의 소리특성, EMG로부터 주관적 감각·감성을 예측한 결과 거침을 제외하고 높은 예측력을 보였다. 상완 이두근과 전완근의 근전도가 감소할수록 더 유쾌한 감성을 유발하는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 스포츠웨어용 소재에서 유쾌한 감성을 부여하기 위해서는 근전도값을 감소시킬 수 있는 소리특성을 가지는 소재 개발이 필요할 것으로 판단되며, 근전도가 직물소리 감성을 평가하는 한 변인으로 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 근전도 이외의 다양한 생리신호를 적용한다면 직물 소

리 감성에 대한 과학적 예측이 가능할 것이다.

#### 5. 참 고 문 헌

- [1] 김정화(1998), Shimizu, Y., 미래사회에서의 감성 공학, 섬유기술과 산업, 2-4, p. 470-478.
- [2] Cho, G., Cho, J., and Yi, E.(2001), Physiological Responses Evoked by Fabric Sounds and Related Mechanical and Acoustical Properties, Textile Research Journal, 71-12, 1068-1073.
- [3] Hirao, N. and Yagi, A.(1997), Evaluation of Fabric Hand by Electromyogram in active Touch, Japanese Research Association, Textile End-Uses, 38-4, 52-57.
- [4] 박래준, 박윤기, 이현옥(1992), 근전도의 이론과 실제, 학문사.
- [5] Wolf, S.L.(1988) : Electromyographic Biofeedback. In ; Clinical Electrotherapy. Appleton-Century- Crofts, 259-272.
- [6] Yi, E. and Cho, G.(2000), Fabric Sound Parameters and Their Relationship with Mechanical Properties, Textile Research Journal, 70-9, 828-836.
- [7] Yi, E. and Cho, G.(2000), Fabric Sound Classification by Autoregressive Parameters, Journal of Textile Institute, 91-2, 1-16.
- [8] Yi, E., Cho, G. and Casali, J. G.(2001), Effects of Fabric Sound and Touch on Human Subjective Sensation, Fibers and Polymers, 2-4, 196-202.
- [9] Hass, E. C.(1993), The Perceived Urgency and Detecrion Time of Multitone and Frequency-Modulated Warning Signals in Broadband Noise, Doctorial Dissertation, Virginia Tech.