

모자 압박감의 객관적인 평가방법 개발 (제1보)

전영민 · 박정희[†] · 한문희* · 강태진*

서울대학교 생활과학대학 의류학과, 지능형 텍스타일 시스템 연구센터
*서울대학교 재료공학부, 지능형 텍스타일 시스템 연구센터

Comfort Evaluation of Caps from Pressure Measurement (Part I)

Youngmin Jun · Chung Hee Park[†] · Moon Heui Hahn* · Tae Jin Kang*

Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University, and Intelligent Textile System Research Center

*School of Materials Science and Engineering, Seoul National University, and Intelligent Textile System Research Center
(2005. 8. 17. 접수)

Abstract

A tool to evaluate the subjective wearing comfort of caps from the objective measurement of pressure was developed. Comfortable Fittability Index(C.F.I) and Holding Power(HP) were defined to represent the subjective wearing comfort of caps. As a preliminary step to define the Comfortable Fittability Index(C.F.I), average pressure, pressure distribution, standard deviation of pressure were obtained and subjective sensation were evaluated by wearing caps. Also Holding Power(HP) was estimated from wind tunnel testing. Two sets of caps were evaluated, one set made of elastic fabric(F-caps) and the other set made of non-elastic fabric(S-caps). F-caps begin to be taken off by the higher wind velocity and thus exhibited higher values of Holding Power. On the other hand, F-caps exerted lower average pressure, narrower pressure distribution, smaller standard deviation.

Key words: Cap, Pressure distribution, Holding power, Subjective wearing comfort; 모자, 압력 분포, 지지력, 쾌적감

I. 서 론

현대 사회는 인간의 감성을 바탕으로 한 제품과 서비스 환경을 창출하는 사용자 위주의 산업이 이루어지고 있다. 패션 산업에 있어서의 감성은 심미적인 아름다움에 대한 만족뿐만 아니라 다양한 기능성과 착용 쾌적감을 요구하고 있다. 이와 같은 현대 소비자의 요구에 따라 주관적인 감성을 객관적으로 평가하고 개선하기 위하여 다양한 방면에서 주관감에 관

한 연구가 이루어지고 있다.

의복 착용 시에 느끼는 주관적 쾌적감에 영향을 주는 인자는 기본적으로 미적 인자, 열-수분 인자, 촉감, 의복압 등을 들 수 있다. 열-수분 인자에 관한 연구는 20세기 초반부터 시작하여 소재의 열전달 및 수분 전달 성능을 평가하는 연구(Peirce, 1945; Yoon & Buckley, 1984)에서부터 소재에 따른 열적 쾌적감(홍경희, 김정화, 1996), 인체 착용 평가를 통한 쾌적감 평가(Wang & Zhang, 2003) 등 다양한 방면에서 활발히 연구되어 왔다. 또한 촉감 인자의 경우 주관적 평가인 태를 직물의 역학적 성질로 평가한 연구(Kawabata, 1980)를 대표적인 예로 들 수 있으며 계속해서 직물의 역학적 성질과 감각 평가를 통해 태와 쾌적감을 예측하는 연구(Cardello & Winterhalter, 2003) 등과 같이 직물의 태를

[†]Corresponding author

E-mail: junghee@snu.ac.kr

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(R11-2005-065).

표현하는 감성용어와 소재의 객관적인 물성을 관련짓는 연구들이 이루어지고 있다.

의복압은 소재의 열-수분 특성, 촉감과 함께 주관적 쾌적감을 결정하는 주요 인자이다. 의복압이란 의복과 인체가 접촉하면서 발생하는 접촉 압력으로서 의복의 구속성과 운동 기능성을 결정짓는 중요한 요인이다. 이러한 의복압에 관한 연구는 밀착 의복 혹은 체형보정 의복 착용 시의 의복의 구속성에 관한 연구(Nakahashi et al, 2005) 신체 부위별 허용 압력에 관한 연구(백윤정, 2003) 등이 있다. 이러한 의복압 연구는 주로 밀착 의복을 대상으로 하고 있어 응용 범위가 한정 되어 있으며 특히 밀착 의복과 마찬가지로 의복압이 쾌적감에 큰 영향을 미칠 수 있는 모자에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

모자는 주로 야외 활동 시에 착용하는 의복 아이템으로 복사열을 차단하여 머리 부위에 고온이 축적되는 것을 막는 방서 기능과 차가운 외기나 눈·비와 같은 한랭 요소를 막는 방한 기능 및 충격으로부터 신체를 보호하는 방호 기능과 같은 위생적인 기능과 함께 착용자에게 심미적 만족감을 주는 장식으로서의 기능을 가지고 있다. 이러한 기능으로 인해 레저 및 스포츠 활동과 작업 시에 활동도가 높아 최근 레저 활동 증가와 함께 모자 착용 인구도 늘어나고 있다.

모자는 착용자의 머리를 밀착 혹은 압박하여 착용되는 아이템으로 머리에 꼭 맞는 치수의 모자를 착용할 경우 모자 고정을 위해 머리 부위에 가해지는 압력에 의해 압박 불쾌감을 느낄 수 있다. 반면에 압박감을 줄이기 위해 머리보다 큰 치수의 모자를 착용할 경우 동작이나 바람에 의해 벗겨지는 일로 인해 활동성이 저하되어 불편함을 느낄 수 있다.

따라서 본 연구에서는 쾌적한 감성 모자 개발을 위해 모자 착용 시 가해지는 하중을 측정하고 주관적인 착용감을 평가하여 이들 상관관계로부터 모자 착용

감성을 객관적으로 평가할 수 있는 tool을 개발하고자 하였다.

그 첫 단계로 모자에 가해지는 하중과 모자가 견디는 최대 풍속을 측정하여 Holding Power를 평가하고자 한다. 두 번째 단계로 모자에 의한 압력과 그 분포 지수 등을 객관적으로 측정하고 주관적 쾌적감을 평가하여 Comfortable Fittability Index를 구하고자 한다. 마지막 단계로 모자의 압력을 객관적으로 측정하여 HP와 C.F.I.로 나타낼 수 있는 장치를 개발하고자 한다.

II. 설문조사

연구의 첫 단계로 스포츠·레저 활동가 및 모자를 착용하는 남녀 453명을 대상으로 현재 착용하고 있는 모자에 관한 설문조사를 실시하였다. 설문내용은 모자의 구매, 착용, 관리 실태와 불만 및 개선 요구 사항에 관한 항목으로 구성되어 있으며 설문조사 기간은 2003년 12월 17일~2004년 1월 7일까지 22일 동안 이루어졌다.

III. 실험재료 및 방법

1. 시료

본 연구에서는 신축성이 없는 모자(S)와 폴리아우레탄을 사용하여 신축성을 부과한 직물과 밴드를 이용한 모자(F)를 시료로 사용하였다. 신축성 모자 F는 밴드에 의해 둘레가 1cm 가량 수축된 형태이며 늘어날 수 있어 구간으로 표시하였다. 모자의 형태는 이마 부위에 챙이 달린 cap으로 야구모자라고 불리는 형태이다.

실험에 사용한 마네킹은 둘레가 58cm 이상인 모

Table 1. Characteristics of samples

samples	fabric		band		size
	fiber	weave structure			
size fixed cap(S)	cotton 100%	twill	warp weft	cotton : polyester polyester	56, 57, 58, 59, 60cm
Flexible cap(F)	cotton : polyurethane = 97 : 3	twill	warp weft	cotton : polyester : rubber polyester	XSM(54~57)cm SM(56~58)cm OSFA(57~59)cm MXL(58~60)cm

Table 2. Characteristics of manikins

	size(cm)	girth of band contact(cm)	caps	
Manikin1	57	55.8	S-Cap	58, 59
			F-Cap	XSM, SM, OSFA, MXL
Manikin2	58	56.5	S-Cap	59
			F-Cap	XSM, SM, OSFA, MXL

자에 사용할 수 있는 크기로 모자 착용 시 모자 하단의 밴드 접촉 부위의 둘레가 55.8cm이고, 마네킹2는 둘레가 59cm 이상인 모자에 사용할 수 있는 크기로 밴드 접촉 부위의 둘레가 56.5cm였다.

2. 실험방법

1) 탈모 시의 하중 측정

모자의 지지력은 착용자의 머리에서 모자가 벗겨지는데 필요한 힘과 같다고 가정하고 모자가 벗겨지는데 필요한 하중을 측정하였다. 인스트론 하부에 두상 마네킹을 고정시키고 마네킹에 측정 모자를 씌운 후 당기면서 모자가 벗겨지는 순간의 하중을 기록하였다. 측정 시 모자 챙의 각도는 실제 착용 상황에 가깝게 수평면에 대해 10° 들린 상태이며 힘의 방향은 수직선에 대해 5° 기울어지도록 착용시켰다. 모자의 사이즈별로 6개의 샘플을 사용하여 샘플 당 5회씩 측정하여 평균하였다.

2) 탈모 시의 한계풍속 측정

풍동시험기를 사용하여 모자가 벗겨지는데 필요한 풍속을 측정하였다. 풍동시험기 내부에 두상 마네킹을 고정하고 모자를 씌운 후 30초당 5 m/s 씩 풍속을 증가

시켜 모자가 벗겨지는 순간의 풍속을 측정하였다. 측정 시 모자 챙의 각도는 실제 착용 상황에 유사하도록 수평면에 대해 10° 들린 상태이며 풍향은 마네킹 정면으로 수평면과 평행하게 하였다. 모자의 사이즈별로 6개의 샘플을 사용하여 샘플당 3회씩 측정하여 평균하였다.

3) 모자 내 압력 측정

모자에 따른 차이를 객관적으로 평가하기 위하여 두상 마네킹을 사용하여 모자 내 압력 분포를 측정하였다. 머리의 형태가 좌우 대칭이라 가정하고 마네킹의 좌측 반구의 모자 착용 부위에 등간으로 89개의 측정점을 선정하였다. 모자 착용 시 센서와 전선이 마네킹 위로 돌출하여 압력이 높아지는 일이 발생하지 않도록 각 측정점에 센서가 위치할 구멍과 전선 통로를 만들었다. 또한 모자 직물의 능선이나 밴드의 굴곡 영향을 받지 않도록 하기 위하여 센서에 금속 캡을 씌웠다. 압력 센서는 load cell LM-500GA(KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENT CO. LTD, Japan)를 사용하였고 Data 처리는 PCD-30A를 사용하였다. 마네킹

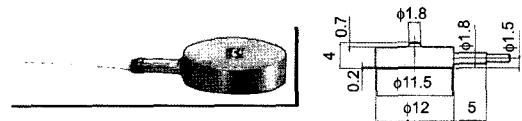


Fig. 2. Load cell

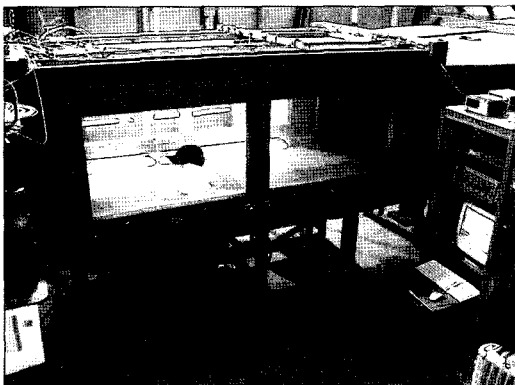


Fig. 1. Wind tunnel tester

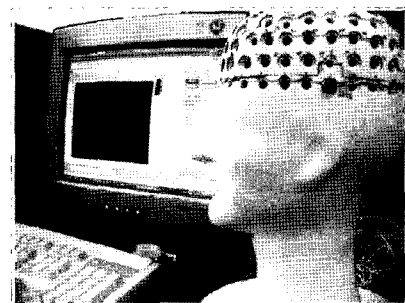


Fig. 3. Pressure measuring manikin

에 모자를 씌웠을 때 동일한 위치에 같은 부위가 접촉하도록 기준선을 표시하여 사용하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 모자의 착용 실태 조사

모자의 압박감에 대한 질문에 대해서 75%의 응답자가 압박감으로 불편함을 느낀다고 답하였고, 압박감 때문에 불편함을 느끼는 구체적인 부위는 모자 내심지와 피부가 직접적으로 닿는 이마 42%, 딱딱한 모자 챙의 끝부분이 닿는 부위 25%, 뒤통수 12%, 밴드 전체 11% 등으로 나타났다.

모자를 장기간 착용 시에 느끼는 불편점을 묻는 질문에 대해서 '땀이 차고 더워서 불편하다'라는 응답이 46.2%로 가장 많았으며 '조여서 불편하다'라는 응답이 27.0%로 열적 불쾌감과 압박 불쾌감이 모자 착용감에 큰 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4).

모자에 대해 바라는 점을 묻는 질문에 전체 응답자의 20.9%가 '모자의 조임이 적당해서 편해야 한다'라고 답하였고, 19.5%가 '땀 배출이 빨라야 한다', 13.5%가 '땀 냄새 등이 나지 않아야 한다'라고 답하여, 모자의 쾌적감 증진을 위해서 모자의 압박감 해소와 땀 배출이 중요한 것을 확인할 수 있었다.

2. 모자의 크기와 종류에 따른 모자의 지지력 (Holding Power)

1) 탈모 시의 인장-하중 곡선

<Fig. 5>는 탈모 시의 인장-하중 그래프이다. 모자의 사이즈가 증가함에 따라 인장하중이 감소하는 것을 볼 수 있다. 모자 종류에 따라서 살펴보면 S-Cap

은 인장 시작부터 쉽게 벗겨지기 시작하는 반면 F-Cap은 신축성 밴드가 머리를 지지하고 있어 모자가 벗겨지는데 필요한 하중이 큰 것을 볼 수 있다.

2) 탈모 시의 최대 하중

<Fig. 6>은 모자가 벗겨지는 시점의 하중을 나타낸 그래프이다. 사이즈 증가에 따라 최대 하중이 감소하는 것을 확인할 수 있다. S-Cap은 머리에 맞는 사이

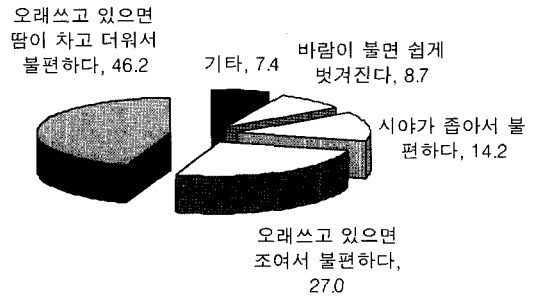


Fig. 4. Results of the questionnaire about subjective wearing sensation

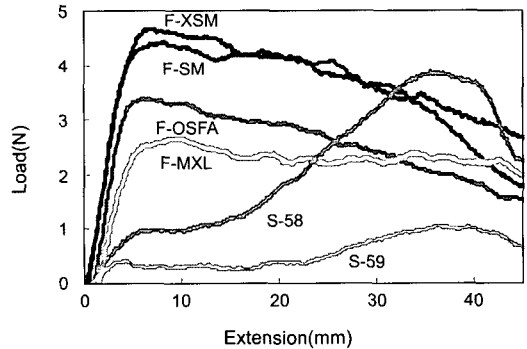
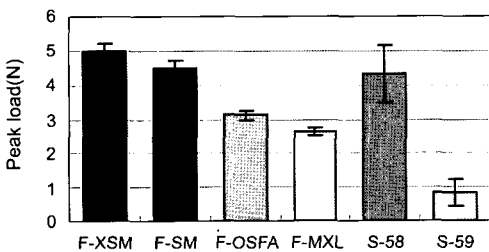
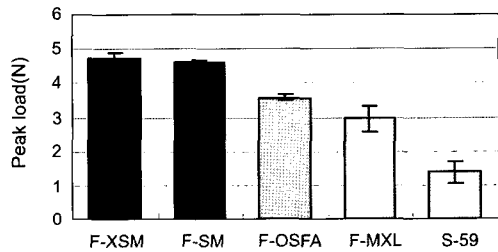


Fig. 5. Effect of the cap size or type on the load-extension curve



(a) Manikin1



(b) Manikin2

Fig. 6. Effect of the cap size/type on the peak load

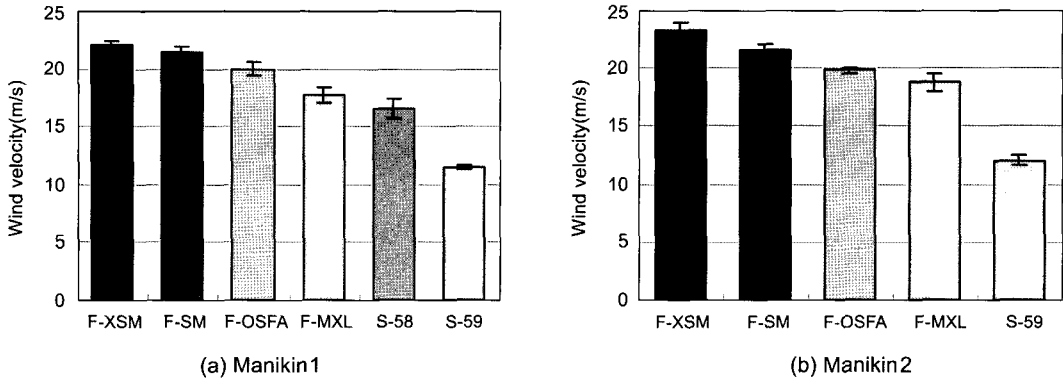


Fig. 7. Critical wind velocity for cap to be taken off

즈일 때 최대 하중이 매우 높게 나타났지만 모자의 사이즈가 한 단계 증가했을 때 최대 하중이 급격히 감소하였다. 반면 F-Cap은 모자의 사이즈 증가에 따른 최대 하중이 완만하게 감소하였다.

3) 탈모 시의 한계풍속

실제 바람에 의해 모자가 벗겨지는 상황을 모사하기 위하여 풍동시험기를 사용하여 풍속을 서서히 증가시키면서 모자가 벗겨지는 순간의 풍속을 측정하였다. <Fig. 7>을 살펴보면, 한계풍속도 사이즈 증가에 따라 감소하는 것을 볼 수 있다. 인장실험 결과와 마찬가지로 S-Cap은 사이즈가 감소함에 따라 한계풍속이 급격히 감소하는 반면, F-Cap은 사이즈 증가에 따른 한계풍속 변화가 완만하게 나타났다. 특징적인 것은 사이즈에 관계없이 F-Cap이 S-Cap보다 높은 값을 나타내었다. F-OSFA와 F-MXL은 S-58보다 최대 하중이 낮았음에도 불구하고 한계풍속은 S-58, S-59보다 높은 값을 나타냈다. 이것은 극단적인 힘으로 빠르게 잡아당기는 형태의 실험인 인장실험과는 달리 풍속실험은 힘이 서서히 증가하기 방식이므로 F-Cap은 신축성 소재를 사용하여 서서히 증가하는 힘에 대한 적응력이 좋아 실제 착용 시에는 인장실험에서 나타난 것보다 지지력이 더 좋을 것임을 예상할 수 있다.

<Fig. 8>에서 최대 하중과 한계풍속의 상관관계를 살펴보면 최대 하중과 한계풍속이 비례하는 것을 알 수 있다. 최대 하중이 같은 모자를 비교해 보면 F-Cap이 S-Cap보다 높은 한계풍속을 보였다. 이또한 F-Cap이 실제 착용 시 모자의 지지력이 우수할 것으로 기대되는 결과이다. 모자별 peak-load 그래프의 기

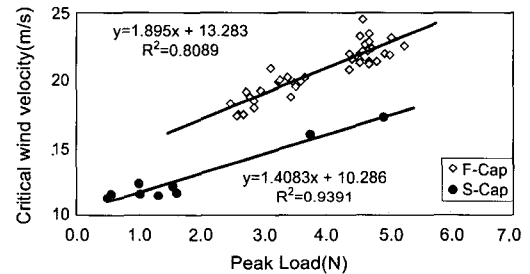


Fig. 8. Correlation between peak load and critical wind velocity.

울기를 비교해 보면 F-Cap은 S-Cap보다 기울기가 커서 peak load 증가 시 한계풍속 증가량이 S-Cap보다 더 큰 것을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 S-Cap은 머리에 맞는 사이즈일 때 모자가 마네킹에 밀착되어 강한 지지력을 나타내지만 모자의 사이즈가 증가하면 머리를 지지하는 힘이 급격히 감소하여 쉽게 벗겨지는 것을 알 수 있었다. F-Cap은 신축성 직물과 밴드로 이루어져 있어 머리에 밀착되어 지지력이 좋으며 모자의 사이즈가 커질수록 지지력이 감소하는 정도가 작고 특히 인장력이 서서히 증가할 때 적응력이 우수한 것을 알 수 있었다.

3. 모자 내 압력 분포(Load Distribution)

모자 내 의복압을 측정하기 위하여 피험자를 사용할 경우 신뢰도를 확보하기 위해 많은 수의 피험자가 필요하며, 피험자마다 두상의 형태가 다양하여 센서 위치를 동일하게 정하는데 어려움이 있고(Wong et

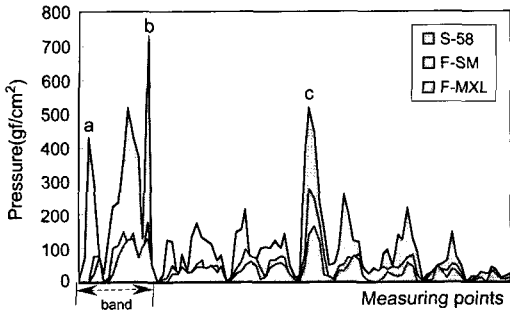


Fig. 9. Pressure distribution in caps

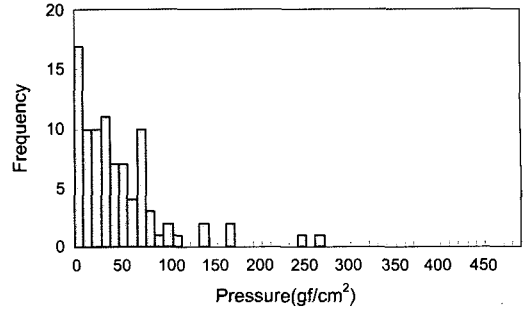


Fig. 11. Pressure distribution of F-SM cap

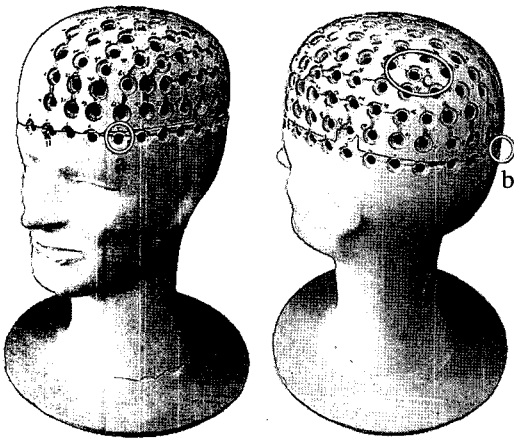


Fig. 10. The high pressure points on manikin

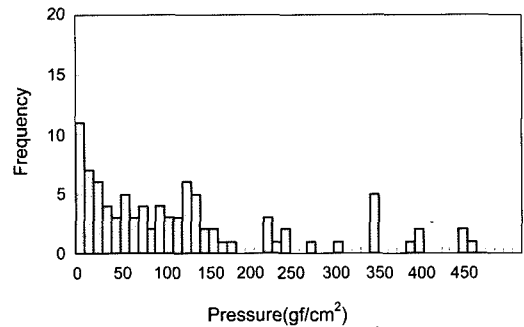


Fig. 12. Pressure distribution of S-58 cap

al., 2004), 머리카락의 많고 적음과 헤어스타일에 따라 오차가 크게 발생하는 문제가 있다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 두상 마네킹을 사용한 모자 내 압력 측정기를 제작하였다.

<Fig. 9>은 모자 내 측정점 89부위의 압력을 측정점 위치에 따라 나타낸 것이다. 모자의 종류나 사이즈에 관계없이 측정점에 따라 분포 형태가 비슷하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 모자의 밴드 둘레 부위는 직물 부위보다 전반적으로 높은 압력을 나타내었다. <Fig. 10>에서 살펴보면 높은 압력을 나타낸 부위는 각각 모자의 챙끝(a), 밴드 뒤통수 부위(b)와 마

넉킹 두상이 각진 부위(c)로 나타났다. 전반적으로 모자가 머리와 밀착되는 부분이 압력이 높은 것을 알 수 있었다.

<Fig. 11>과 <Fig. 12>은 모자 착용 시 측정점별 압력 분포를 비교한 그래프이다. F-Cap은 대부분의 측정점에서 50gf/cm 이하의 압력이 측정되어, 압력이 낮은 곳의 빈도가 크고 압력의 편차가 작게 나타났다. S-Cap은 압력이 낮은 곳의 빈도가 상대적으로 적고 50 gf/cm 이상의 압력을 나타내는 측정점이 많았다. <Table 3>의 각 모자별 평균 압력과 최고 압력을 비교하면, S-Cap의 평균 압력이 F-Cap보다 3~4배 이상 크고 표준편차 역시 큰 것을 확인할 수 있다. 최고 압력에서 차이가 크게 나타났는데 S-Cap의 경우 신축성이 없어 모자와 두상의 접촉면의 곡률이 크거나 모자의 단단한

Table 3. Average pressure and maximum pressure in caps(gf/cm²)

	F-SM	F-OSFA	F-MXL	S-58	S-59
average pressure	49.30	46.96	34.61	123.96	53.50
standard deviation	50.47	42.24	36.42	139.00	64.46
maximum pressure	275.26	228.76	163.67	732.78	269.68

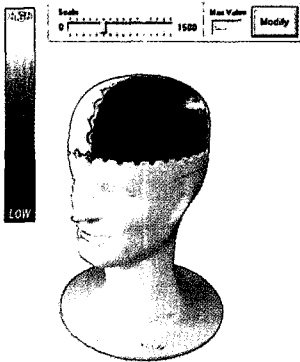


Fig. 13. Pressure distribution in F-SM cap

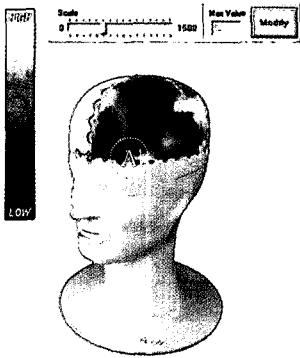


Fig. 14. Pressure distribution in S-58 cap

부분이 압박하는 부위에 압력이 집중되었기 때문이다.

인체를 사용하여 측정한 여러 선행연구(백윤정, 2003; 정명선, 류덕환, 2002)의 의복압이 70gf/cm² 이하의 값을 나타내는 것에 비해 본 연구에서 측정한 모자 내 의복압이 높은 수치를 나타낸 것은 인체의 경우 피부와 근육, 피하지방이 압력에 적응하여 완충 역할을 하는 반면, 실험에 사용한 마네킹은 금속으로 이루어져 있어 완충 역할을 해줄 피부나 머리카락이 없기 때문에 인체에 비해 높은 압력을 나타낸 것으로 사료된다.

<Fig. 13>과 <Fig. 14>는 각 측정점의 압력을 마네킹에 색상으로 표현한 그림이다. 압력이 클수록 붉은 색으로, 압력이 낮을수록 푸른색으로 나타내었다. F-SM의 경우 압력의 집중이 거의 나타나지 않았고, 후두부 위쪽(C)은 두상의 돌출 부위로 인해 비교적 높은 압력이 나타난 것이다. S-58의 경우는 두정부의 이마뼈 측면 끝부분과 딱딱한 모자챙 끝이 접촉하는 부위(A)와 후두부에 밴드가 밀착되는 부위(B)와 후

두부 위쪽(C)에서 압력이 집중되는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 모자 착용자를 대상으로 한 설문조사에서 모자의 압박감 때문에 불편을 느낀 부위에 대한 응답과 일치하는 것을 알 수 있었다.

V. 결론 및 요약

모자의 압박감을 객관적으로 평가하기 위한 tool을 개발하기 위한 기초 연구로 모자를 착용했을 때의 지지력과 쾌적감을 평가하였다. 인스트론을 사용하여 모자를 벗기는데 필요한 인장 하중을 측정하고 풍동 실험기를 사용하여 한계풍속을 측정하여 모자의 지지력을 나타내었다. 또한 모자에 의한 압력을 부위별로 측정하여 압력의 분포 정도와 압력이 집중된 부위를 확인하였다.

인장 하중과 한계풍속을 측정한 결과, F-Cap은 인장 초기에 하중이 크게 증가하였고, 같은 사이즈의 S-Cap보다 최대 하중이 크고 모자 사이즈 증가에 따른 최대 하중의 감소가 적었다. 최대 하중이 같은 모자의 한계풍속을 비교했을 때, F-Cap이 S-Cap보다 높은 한계풍속을 나타내었다. 그러므로 모자의 소재와 밴드에 신축성이 없는 소재를 사용할 경우 모자가 머리에 비해 조금만 커도 작은 힘에 의해 쉽게 움직여 벗겨지는 반면, 신축성 소재를 사용할 경우 모자가 머리에 밀착되어 작은 힘에는 모자가 움직이지 않고 지지력이 좋아 쉽게 벗겨지지 않으며 모자가 머리보다 커져도 어느 정도의 지지력을 유지하는 것을 알 수 있었다.

모자에 의한 압력을 측정한 결과 모자 소재의 종류나 사이즈에 관계없이 압력의 분포 형태는 유사하게 나타났다. 모자의 밴드 둘레 부위는 직물 부위보다 전반적으로 높은 압력을 나타내었으며 높은 압력을 나타낸 부위는 두상이 큰 굴곡을 나타내는 부위인 이마뼈끝, 측두골의 곡면 등과 모자의 단단한 부위인 챙 가장자리와 이마의 심지 부위와 모자의 밴드가 두상에 밀착되는 뒤통수 부위 등으로 나타났다. 전반적으로 모자가 머리와 밀착되는 부분이 압력이 높고 모자의 소재별, 사이즈별 압력 차이를 잘 나타내는 것으로 나타났다. 모자 소재별로 비교하면, S-Cap은 모자 내 평균 압력이 높고, 모자와 머리가 접촉하지 않거나 밀착되지 않는 부위에서는 매우 낮은 압력이 나타나는 반면 모자의 딱딱한 챙 끝부분이 머리뼈와 닿는 부위와 모자와 머리가 밀착되는 몇 부위에 높은

압력이 집중되는 것으로 예상된다. 신축성 소재를 사용한 F-Cap은 S-Cap에 비해 모자 내 평균 압력이 낮고, 국소 부위에 압력이 집중되지 않고 압력이 분산되어 전체적으로 낮은 압력이 고르게 분포하고 있는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 모자 착용 시에 느껴지는 압박감을 객관적으로 평가할 수 있는 tool을 개발하기 위한 첫 번째 단계로 소재에 따른 모자의 지지력과 압력을 살펴보았으며 모자 내 압력 분포를 측정할 수 있는 대표점을 찾아보았다. 후속연구로는 피험자 착용 실험을 통해 감성을 측정하여 객관적인 측정결과와 착용 감성간의 상관관계로부터 모자 착용 감성을 객관적으로 평가할 수 있는 tool을 완성하고자 한다.

참고문헌

- 김경수, 최정화. (2002). 양산형 일광차단모의 개발 (제1보) -고안 및 마네킹 착용 실험-. *한국인류학회지*, 26(8), 1177-1185.
- 백윤정. (2003). 신체 부위별 의복압 허용 한계에 관한 연구. 서울대학교 의류학과 대학원 박사학위 논문.
- 정면선, 류덕환. (2002). 화운데이션 소재의 역학적 특성이 의복압에 미치는 영향. *한국생활과학회지*, 11(1), 1-15.
- 홍경희, 김정화. (1996). 섬유 종류와 편직물의 배열 겹수 및 순서에 따른 온열 쾌적성. *한국섬유공학회지*, 33(4), 343-351.
- Cardello, V. & Winterhalter, C. (2003). Prediction the handle and comfort of military clothing fabric from sensory and instrumental data. *Textile Research Journal*, 73(3), 221-237.
- Kawabata, S. (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation* (second ed.). Osaka: The Hand Evaluation and Standardization Committee.
- Nakahashi, M., Morooka, H., Nakamura, N., Yamamoto, C., & Morroka, H. (2005). An analysis of waist nipper factor that affect subjective feeling and physiological response. *Fiber*, 61(1), 40-46.
- Ng, S. F., & Hui, C. L. (2001). Pressure model of elastic fabric for producing pressure garment. *Textile Research Journal*, 71(3), 275-279.
- Nishimatsu, T., Ohmura, K., Sekiguchi, S., Toba, E., & Shoh, K. (1998). Comfort pressure evaluation of men's socks using an elastic optical fiber. *Textile Research Journal*, 68(6), 435-440.
- Peirce, F. T. (1945). Measurement of the water vapor permeability of textile fabrics. *Journal of textile Institute*, 36, 169.
- Tsujiyaka, T., Matsumoto, Y., & Morooka, H. (2004). Comfort pressure of top part of men's socks. *Textile Research Journal*, 74(7), 598-602.
- Wang, G., & Zhang, W. (2003). Evaluating wool shirt comfort with wear trial and the forearm test. *Textile Research Journal*, 73(2), 113-119.
- Wong, S. W., Yi, L., & Zhang, X. (2004). Influence of fabric mechanical property on clothing dynamic pressure distribution and pressure comfort on tight-fit sportswear. *Fiber*, 60(10), 293-299.
- Yoon, H. N., & Buckley, A. (1984). Improved comfort polyester Part I: Transport properties and thermal comfort of polyester cotton blend fabrics. *Textile Research Journal*, 54(5), 289-298.
- You, F., Wang, J. M., Luo, X. N., Li, Y., & Zhang, X. (2002). Garment's pressure sensation(1): Subjective assessment and predictability for sensation. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 14(5), 317-327.
- You, F., Wang, J. M., Luo, X. N., Li, Y., & Zhang, X. (2002). Garment's pressure sensation(2): The psychophysical mechanism for the sensation. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 14(5), 307-316.