

충격흡수 및 통기기능 인솔을 적용한 개발 전투화의 족저압력 및 온도변화 연구

한기훈^{1*} · 이중숙^{1†} · 배강호¹ · 신진형¹ · 정상옥²

¹신라대학교 웰빙체육학과

²(주)나노텍 세라믹스

(2018년 1월 26일 접수: 2018년 2월 28일 수정: 2018년 3월 1일 채택)

A Study on the Foot Plantar Pressure and Temperature changes of the Developed Combat boots with Functional Impact Absorption and Ventilation Insole

Ki-Hoon Han^{1*} · Joong-Sook Lee^{1†} · Kang-Ho Bae¹ · Jin-Hyung Shin¹ · Sang-Ok Jeong²

¹Division of Kinesiology, College of Health and Welfare, Silla University, Busan, South Korea

²NANOTECH CERAMICS CO., LTD, Busan, South Korea

(Received January 26, 2018; Revised February 28, 2018; Accepted March 1, 2018)

요약 : 본 연구의 목적은 충격흡수 및 통기기능 인솔을 적용한 개발 전투화의 족저압력 및 온도변화를 연구하는데 있다. 남성 피험자 11명(age: 21.8 ± 2.2 yrs, height: 174.3 ± 3.6 cm, weight: 71.6 ± 8.6 kg, foot length: 261.0 ± 1.0 mm)을 대상으로 총 3종류 전투화의 족저압력 및 온도 변화를 비교하였다: 전투화 A(보급형 일반 전투화), 전투화 B(통기구가 적용된 개발 전투화), 전투화 C(전투화 B에 통기기능 및 충격흡수용 인솔 적용). 족저압력 측정을 위해 Pedar-X를 사용하였고, 전투화의 내부온도는 휴대용 써미스터의 온도센서를 사용하였다. 전투화의 종류별 족저압력 및 온도 변화결과를 비교하기 위해 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시한 결과, 첫째, 족저압력 변인에서, 기능성 인솔을 적용한 전투화 C가 전투화 A보다 오른발/왼발 후족부의 최대족저압력에서 통계적으로 유의하게 낮았으며, 전투화 C가 전투화 B보다 왼발 후족부의 평균족저압력에서 통계적으로 유의하게 낮은 압력을 나타내었다. 둘째, 내부온도에서 보행 시작 후 40분경과 시점부터 개발 전투화인 B, C가 일반 전투화인 A보다 낮은 내부 온도를 보였다.

주제어 : 전투화, 족저압력, 통기성, 기능성 인솔, 내부온도

Abstract : The purpose of this study was to compare the foot plantar pressure and temperature changes of the developed combat boots with functional impact absorption and ventilation insole. A total of 11 male subjects(age: 21.8 ± 2.2 yrs, height: 174.3 ± 3.6 cm, weight: 71.6 ± 8.6 kg, foot length: 261.0 ± 1.0 mm) were recruited to compare the foot plantar pressure and temperature changes of the

[†]Corresponding author
(E-mail: jslee@silla.ac.kr)

three types of combat boots: Combat boots A (generalized combat boots), Combat boots B (developed combat boots with ventilation function), Combat boots C (Application of ventilation function and impact absorption insole to combat boots B). Pedar-X and a portable thermistor temperature sensor were used to measure the foot plantar pressure parameters and the internal temperature of the combat boots, respectively. One-way ANOVA was used to compare the results of plantar pressure and temperature changes. The results were as follows: First, in the foot plantar pressure parameters, combat boots C showed the significant lower maximum foot plantar pressure in the right/left rear foot compared with combat boots A and average foot plantar pressure in the left foot compared with combat boots B. Second, after 40 minutes from the start of walking, the developed combat boots B and C showed the significant lower temperature than the general combat boots A.

Keywords : Combat boots, Foot plantar pressure, Ventilation shoes, Functional insole, Internal temperature

1. 서론

전투화는 전시와 평시에 군인이 착용하고 활동하기 위한 목적으로 제작된 특수 신발로, 평시 군인들은 활동시간의 98% 이상 전투화를 착용한 상태로 생활하고 있다[1]. 군인들은 일반인보다 장기간의 행군이나 훈련 등 험난한 지형에서의 이동이나 활동이 많은 것이 특징이다. 지면에서 발생하는 충격력이 발을 통해 하지 및 신체로 전달되어 다양한 신체피로, 발의 상해 및 신체부하의 위험성이 높으며, 이는 군인들에게 장기적으로 전투력의 약화 및 전력손실을 가져올 수 있다[2, 3, 4]. 전투화는 일반 신발과는 달리 기능성과 착용감을 우선으로 개발되기 보다는 내구성에 중점을 두고 개발되고 있다[5]. 따라서 충격을 흡수해 줄 수 있는 연질 정도의 아웃솔이나 충격흡수 기능이 적용된 전투화는 보급이 되지 못하고 있는 실정이다[6]. 그러므로 충격흡수 기능을 가진 인솔을 전투화 내부에 삽입하여 발에 전달되는 충격력을 감소시킴으로써 전투력 유지에 큰 도움을 줄 수 있다.

자연적, 물리적 환경 속에서 인간에게 가장 크게 영향을 미치는 것은 온열환경이며 이러한 온열환경은 인체의 생리기능 중 체온조절 기능에 영향을 미치게 된다. 인체활동으로 인해 체온이 상승하게 되면 이를 저하시키기 위한 열 방산을 일으키게 되며, 발은 체표면적의 6-7% 정도를 차지하나 열 방산에 매우 중요한 역할을 한다[7]. 따라서 발을 감싸는 신발의 기능에 따라 신체의 온열반응이 크게 달라질 수 있다. 신발을 신고

운동을 하거나 활동을 하게 되면 발의 온도가 증가하게 되고, 온도를 낮추기 위해 발에서는 땀이 발생하는데, 양쪽 발에 하루 평균 약 230-300 CC정도의 수분이 발생하게 된다. 발에서 배출되는 땀의 약 80%는 수분이지만 20%는 산성과 소금으로 구성되어 있으며 이러한 성분들은 피부에 염증 및 기타 장애를 발생시킨다[8]. 따라서 통기 기능을 신발에 적용하여 발의 내부온도 상승을 억제하게 되면 방열현상으로 인한 수분배출이 감소하게 되어 발의 쾌적성을 유지하는데 도움을 줄 수 있다.

하루 중 신발의 내부 평균온도는 약 40°C 이상이며 여름철에 격렬한 운동을 할 시에는 48°C를 넘나드는 것으로 알려져 있고, 이때 발의 피부온도는 인간의 외부환경에 대한 생체부담의 정도를 표시한다고 할 수 있다[7]. 현재까지의 전투화와 인솔 연구들은 동작수행 능력향상에 관한 연구[9, 10, 11, 12]가 대부분으로 전투화 내 착용쾌적성 평가에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 전투화의 기능성을 향상시키기 위해서는 족저압력 평가를 통한 생체역학적 평가뿐만 아니라 통기성에 대한 연구도 병행될 때 더욱 효과적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 현재 육군에 보급되고 있는 전투화와 통기구를 적용한 개발전투화, 그리고 충격흡수와 통기기능을 동시에 가질 수 있도록 일체형으로 개발된 인솔에 대한 성능 비교 및 기능적 우위를 판단하기 위해, 족저압력평가를 통한 충격분산효과와 내부온도 분석을 실시하였다. 따라서 본 연구의 목적은 개발 인솔 및 전투화의 기능성

에 대한 생체역학적 평가를 통해 전투력 향상 및 업무수행에 효과적인 신형전투화 개발을 위한 정량적인 데이터를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상자

연구대상자는 최근 2년간 하지의 근골격계 질환 및 상해 경험이 없고 발의 형태학적 변형이 없는 신체 건강한 남성 피험자 11명(age: 21.8 ± 2.2 yrs, height: 174.3 ± 3.6 cm, weight: 71.6 ± 8.6 kg, foot length: 261.0 ± 1.0 mm)을 대상으로 실시하였다. 연구대상자의 신발사이즈는 모두 265 mm로 동일하였으며, 실험을 실시하기 전 연구대상자들에게 실험의 목적과 실험상황에 관하여 설명하고 유의사항을 인지시킨 후 자발적인 동의를 받은 후 측정을 실시하였다.

2.2. 실험 전투화

본 연구는 총 3종류의 전투화를 비교분석하였으며, 전투화 A(보급형 일반 전투화), 전투화 B(통기구가 적용된 개발 전투화), 전투화 C(전투화 B에 통기기능 및 충격흡수용 인솔 적용)로 구분하였다. 실험에 사용된 전투화의 종류는 <Fig. 1>과 같으며, 개발 전투화(전투화 B)는 현재 육군에 보급되고 있는 전투화의 재원과 유사하나, 28개의 통기구가 적용되어 통기기능을 보완한 시제품이다. 전투화 C는 위의 개발 전투화의 통기성강화 및 충격흡수 기능을 가진 인soles을 개발하여 적용시킨 모델이며, 전투화 C에 삽입된 기능성 인

솔은 후족에 위치한 펌프가 압력을 받을 시 발 중앙 부위에 설치된 통로를 따라 공기가 순환되어 인솔의 전족부에 적용된 통기구를 통해 공기가 순환되는 동시에 펌프로 인해 후족부에 가해지는 충격을 완화시키기 위해 고안된 모델이다.

3. 측정도구 및 측정방법

3.1. 족저압력 측정

본 연구에서 족저압력 측정은 족저압력 분석장비(Pedar-X, Novel, Germany)를 사용하였다. 연구대상자는 트레드밀에서 군인의 평균 보행속도와 동일한 4.2 km/h로 보폭과 보수가 자연스러운 동작이 이루어 질 때까지 연습을 실시한 후 실험을 진행하였다. 피험자가 착용한 전투화의 최대힘, 최대족저압력, 평균족저압력, 접촉면적을 측정하였고, 오른발과 왼발 스텝의 각각 20보의 족저압력 자료를 수집하였다. 실험절차에 따라 각 피험자 별로 발의 영역을 전족부, 중족부, 후족부로 구분한 뒤 변인들을 산출하였다. 최대힘의 경우 원데이터를 각 피험자의 체중으로 나누어 표준화하였다.

3.2. 내부 온도 측정

전투화의 내부온도를 측정하기 위해 휴대용 써미스터(LT-8A, Gram Co., Japan)의 온도센서가 사용되었다. 접착테이프를 이용하여 발등, 내측 아치에 센서를 부착하여 대기시간 5분, 보행 50분, 쿨다운 10분 등 총 65분 동안 5분 간격으로 측정하였다. 각 부위별 전극 부착위치 및

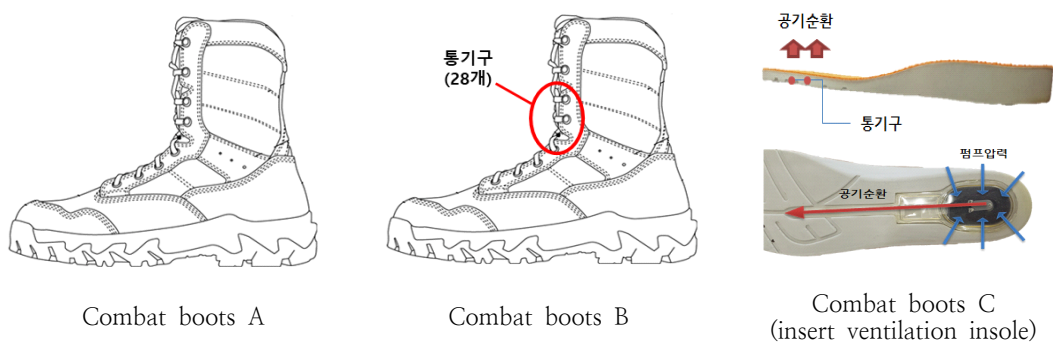


Fig. 1. Type of experimental combat boots.

Channel은 <Fig. 2>와 같다.

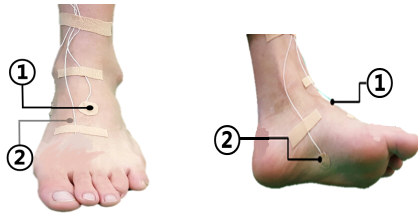


Fig. 2. LT-8A electrode positions attached.

① Channel 1 : Top of the foot

② Channel 2 : Arch of the foot

3.3. 데이터 분석

본 연구에서 측정을 통해 수집된 모든 데이터는 Windows SPSS Version 23.0 프로그램을 사용하여 분석되었다.

각 전투화의 종류별 변인들의 비교분석을 위해 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정은 Bonferroni 방식을 채택하였다. 모든 데이터 분석을 위한 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 전투화 종류에 따른 족저압력 비교결과

본 연구에서 4.2 km/h 속도로 트레드밀 보행 시 전투화 종류에 따른 족저압력 변인들의 결과는 <Table 1, 2, 3, 4>, <Fig. 4>와 같다.

최대힘의 경우 전투화 종류에 따라 왼발과 오른발의 전체, 전족부, 중족부 및 후족부에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 1). 트레드밀 보행 시 전투화 종류에 따른 최대족저압력의 결과는 <Table 2>와 같다. 최대족저압력의 경우 왼발 후족부에서 전투화 C가 157.75 ± 19.00 kPa로 전투화 A 189.72 ± 25.6 kPa보다 낮게 나타났고, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p=.032$). 오른발의 경우에도 후족부에서 전투화 C가 150.71 ± 18.64 kPa로 가장 낮게 나타났으며, 전투화 A (183.89 ± 20.81 kPa)와 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=.016$).

평균족저압력은 왼발 후족부에서 전투화 C에서 가장 낮은 족저압력이 나타났으며(104.00 ± 10.56 kPa), 전투화 B(128.20 ± 15.48 kPa)와

통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=.013$) (Table 3). 보행 시 접촉면적에서는 전투화 종류에 따라 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 4).

국내 전투화의 족저압력에 대한 선행연구[13]를 살펴보면 본 연구와 같은 조건인 전투화 착용 후 4.2 km/h 트레드밀 보행 시 최대압력에서 235.92 kPa(전족부 235.78 kPa, 중족부 109.55 kPa, 후족부 157.23 kPa), 그리고 평균압력은 93.42 kPa(전족부 107.00 kPa, 중족부 54.32 kPa, 후족부 110.59 kPa)로 나타났다.

본 연구에서 충격완화 기능을 가진 인솔을 삽입한 전투화 C의 후족부에서 최대압력은 150.71 kPa로 기존 연구보다 적은 최대족저압력을 나타내었으며, 본 연구의 전투화 A, B보다 적은 후족부의 최대족저압력 및 평균족저압력을 나타낸 결과로 보아 기능성 인솔의 적용이 후족부의 보행 시 뒷꿈치 지지기(heel contact)구간의 충격을 완화시켰다고 판단된다. 이와 같이 후족부의 충격이 완화되거나 족저압력이 분산될 때 발전체에 체중을 분산시켜 몸을 보고하고, 몸의 부하 및 근골격 장애를 줄일 수 있다[14].

또한 족저압력과 관련된 선행연구를 살펴보면 족저압력 분포가 종아치의 변형, 족부통증, 슬관절 통증 그리고 요통뿐만 아니라 신체전체에 영향을 줄 수 있으며, 과도한 압력이 발바닥 부위에 장기간 집중되면 발은 통증이나 족저근막염(plantar fasciitis), 무지 외반증(hallux valgus), 갈퀴발(claw toe) 등과 같은 기형이 발생할 수 있다고 하였다. 또한 족저의 지속적이고 반복적인 충격은 뼈에 누적된 부하를 유발시켜 충격흡수제(heel pad)를 점진적으로 약하게 하고, 근골격계 통증, 관절연골의 퇴행과 골관절염을 가져오게 된다[15, 16, 17]. 본 연구에서 적용된 충격완화 기능 인솔의 족저압력 평가결과 전족부와 중족부에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 후족부에서는 통계적으로 유의하게 족저압력이 감소한 것을 관찰할 수 있었다. 전투화에 인솔을 적용하는 것은 발을 통해 하지 및 신체로 전달되는 다양한 신체피로, 발의 상해 및 신체부하의 위험성을 낮출 수 있는 가능성을 시사한다.

4.2. 전투화 종류에 따른 내부온도 변화 비교 결과

본 연구에서 전투화 종류에 따른 내부온도 변화의 비교결과는 <Table 5, 6>, <Fig. 5>와 같다.

Table 1. Comparison of maximum force (unit: N/kg)

Section	Mask	Type of combat boots			F	p-value	post-hoc
		A	B	C			
Left Foot	Total	9.10±0.64	9.43±0.70	9.97±0.80	3.388	.051	
	Fore Foot	8.30±0.44	8.41±0.39	8.75±0.59	2.124	.142	
	Mid Foot	2.25±0.77	2.38±0.51	2.54±0.50	.512	.606	
	Rear Foot	6.47±0.72	6.67±1.01	6.23±0.59	.684	.514	
Right Foot	Total	9.55±0.70	9.96±0.85	10.01±0.69	1.007	.380	
	Fore Foot	8.66±0.81	9.06±0.80	9.14±0.79	.915	.414	
	Mid Foot	2.29±0.74	2.44±0.62	2.50±0.49	.285	.755	
	Rear Foot	6.32±0.65	6.24±1.04	6.08±0.46	.241	.788	

* $p < .05$

Table 2. Comparison of peak plantar pressure (unit: kPa)

Section	Mask	Type of combat boots			F	p-value	post-hoc
		A	B	C			
Left Foot	Total	311.94±59.79	309.72±49.96	319.17±75.35	.056	.946	
	Fore Foot	311.94±59.79	309.72±49.96	318.06±76.03	.042	.959	
	Mid Foot	115.00±60.66	120.00±55.99	137.78±72.75	.320	.729	
	Rear Foot	189.72±25.63	188.06±30.97	157.75±19.00	4.006	.032*	A>C
Right Foot	Total	299.44±58.92	322.72±84.15	336.11±91.39	.492	.618	
	Fore Foot	299.44±58.92	322.78±84.17	336.08±91.42	.491	.618	
	Mid Foot	116.94±39.52	113.89±45.86	118.89±47.80	.029	.972	
	Rear Foot	183.89±20.81	178.06±24.55	150.71±18.64	5.057	.016*	A>C

* $p < .05$

Table 3. Comparison of mean plantar pressure (unit: kPa)

Section	Mask	Type of combat boots			F	p-value	post-hoc
		A	B	C			
Left Foot	Total	41.37±6.14	42.74±6.00	45.07±4.66	.994	.385	
	Fore Foot	97.43±11.92	98.66±10.71	102.48±10.83	.500	.612	
	Mid Foot	28.72±10.51	30.22±7.91	31.80±5.37	.318	.730	
	Rear Foot	119.16±10.97	128.20±15.48	104.00±10.56	5.810	.013*	B>C
Right Foot	Total	43.38±6.25	45.06±5.87	45.19±3.98	.308	.738	
	Fore Foot	101.65±14.26	105.74±8.35	106.94±11.08	.526	.598	
	Mid Foot	29.13±9.99	31.03±8.85	31.55±6.70	.197	.822	
	Rear Foot	114.18±5.83	116.70±13.81	103.71±9.44	3.359	.058	

* $p < .05$

Table 4. Comparison of contact area (cm²)

Section	Mask	Type of combat boots			F	p-value	post-hoc
		A	B	C			
Left Foot	Total	116.94±19.26	122.51±14.49	117.42±15.41	.314	.733	
	Fore Foot	58.72±1.12	57.70±3.48	58.71±1.58	.581	.567	
	Mid Foot	38.30±11.79	41.81±9.63	42.87±10.05	.465	.634	
	Rear Foot	38.53±1.14	39.05±0.52	39.22±0.00	2.256	.127	
Right Foot	Total	116.04±20.27	123.69±17.64	118.58±11.95	.474	.628	
	Fore Foot	58.03±2.37	58.38±2.52	58.71±1.58	.213	.809	
	Mid Foot	40.01±12.48	43.35±11.49	43.73±8.07	.321	.729	
	Rear Foot	39.04±0.53	39.05±0.52	39.22±0.00	.500	.613	

* p<.05

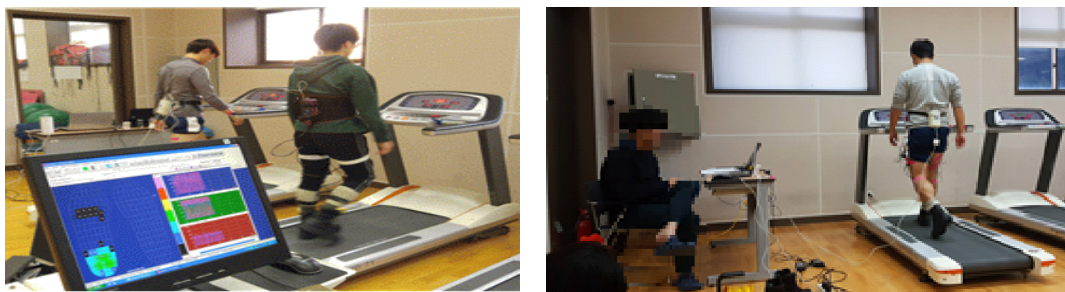


Fig. 3. Measurement of foot plantar pressure and temperature.

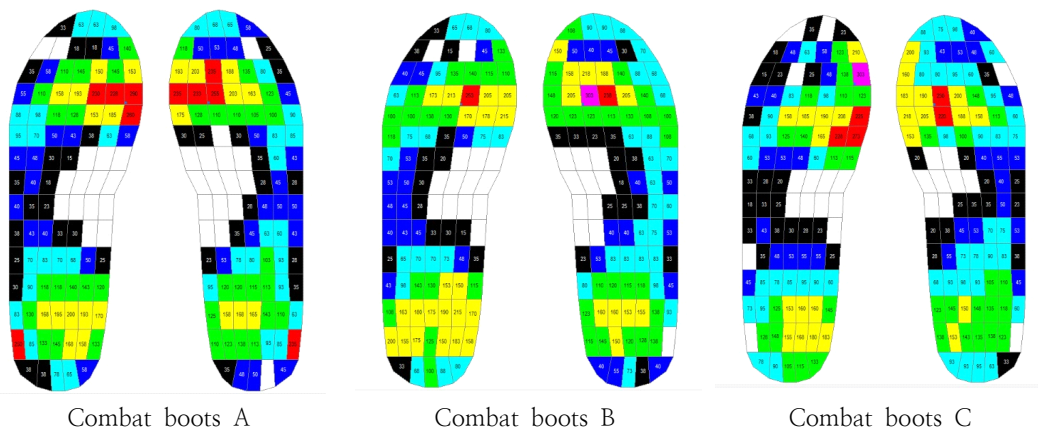


Fig. 4. Foot plantar pressure

Table 5. Comparison of internal temperature on top of the foot (unit: °C)

Section	Time (min)	Type of combat boots			F	p	post-hoc
		A	B	C			
Stand-by	-5	30.9±1.5	30.9±2.2	30.8±1.6	.016	.984	
	0	31.3±1.5	31.2±2.4	30.9±1.6	.135	.875	
	10	33.7±1.3	32.6±2.2	32.9±1.7	1.259	.298	
Walking	20	35.1±1.1	33.9±1.9	34.3±1.7	1.507	.238	
	30	36.0±0.8	35.0±1.6	35.3±1.0	2.429	.105	
	40	36.4±0.7	35.5±1.0	35.8±0.7	3.882	.032*	A>B
	50	36.5±0.5	35.7±0.5	35.8±0.5	8.234	.001*	A>B, C
Cool-down	5	36.3±0.4	35.4±0.5	35.4±0.4	16.295	.000*	A>B, C
	10	36.2±0.5	35.3±0.5	35.2±0.4	16.552	.000*	A>B, C

* p<.05

Table 6. Comparison of internal temperature on arch of the foot (unit: °C)

Section	Time (min)	Type of combat boots			F	p	post-hoc
		A	B	C			
Stand-by	-5	29.2±1.2	28.9±1.3	28.7±1.8	.302	.741	
	0	30.0±1.2	29.5±1.5	29.3±2.0	.567	.573	
	10	34.0±1.9	32.6±1.5	32.7±2.7	1.692	.201	
Treadmill walking	20	35.8±1.6	34.8±1.6	34.8±2.4	.867	.430	
	30	37.0±0.9	36.2±1.1	36.3±1.2	2.094	.141	
	40	37.6±0.5	36.8±0.6	36.9±0.7	6.165	.006*	A>B, C
	50	37.8±0.4	36.9±0.4	37.0±0.4	13.877	.000*	A>B, C
Cool-down	5	37.4±0.4	36.6±0.4	36.7±0.3	16.267	.000*	A>B, C
	10	37.2±0.4	36.3±0.4	36.5±0.3	17.951	.000*	A>B, C

* p<.05

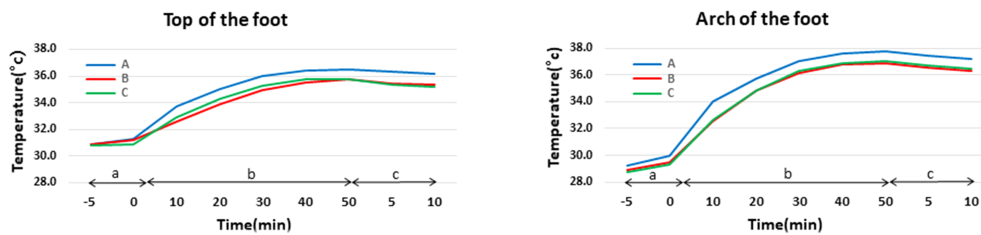


Fig. 5. Changes of internal temperature.

- a: Stand-by
- b: Treadmill walking
- c: Cool-down

발등부위의 경우, 트레드밀 보행 후 40분 경과 시점에서 전투화 A와 B가 각각 $36.4 \pm 0.7^\circ\text{C}$, $35.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며($p=.032$), 그 이후부터 쿨다운이 끝나는 시점까지 전투화 A가 전투화 B, C보다 통계적으로 유의하게 높은 온도를 유지하였다($p=.001$, $p=.000$, $p=.000$). 모든 구간에서 전투화 B와 C의 발등부위 온도 차이는 나타나지 않았다.

내측아치부위의 경우, 보행 후 40분 경과시점에서 전투화 A($37.6 \pm 0.5^\circ\text{C}$)가 전투화 B($36.8 \pm 0.6^\circ\text{C}$), C($36.9 \pm 0.7^\circ\text{C}$)보다 통계적으로 유의하게 높은 온도를 나타내었고($p=.006$), 그 이후에도 계속 전투화 A가 전투화 B와 C보다 통계적으로 유의하게 높은 온도를 나타내었다($p=.000$, $p=.000$, $p=.000$). 하지만 전투화 B와 C는 전 구간에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

인체는 작업수행 시 심부온도가 상승하고 이를 저하시키기 위한 기전으로 피부표층의 혈관을 확장하고 혈류량을 증가시키거나, 발한을 통한 방열작용으로 인체의 체열평형을 유지하게 된다[18]. 또한 발에서 체내에 축적된 열의 방산이 효과적으로 나타나게 되면 심부온과 심박수 상승을 억제할 수 있다[19]. 따라서 발의 피부온은 생체부담의 정도를 나타낸다고 볼 수 있다. 또한 전투화와 같이 밀폐된 공간에서 체온조절을 위한 땀의 증발현상으로 인해 피부젖음 현상(skin wettedness)이 높아져 불편감을 느끼고 되고 장기간 높은 습도에 노출될 경우 염증, 무좀, 피부질환 및 기타장애를 발생시킨다[10].

본 연구에서 개발 전투화인 B, C가 보행시작 40분경과 후 낮은 내부 온도를 보였으며 이는 통기기능이 적용된 개발전투화가 군인들의 장시간 활동 시 생체부담을 경감시킬 수 있다는 것으로 판단된다. 특히 전투화 같이 발을 감싸는 면적이 넓고 발과 발등의 압박이 심한 신발을 착용하는 경우 혈류가 발끝까지 순환되지 못하게 되어 덜 식혀진 혈류가 하퇴로 돌아오게 됨으로 방열에 불리하다는 연구[7]로 미루어 볼 때 전투화의 통기성은 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서 통기기능을 가진 인솔을 적용한 전투화 C가 전투화 B에 비하여 내부온도의 차이는 발견되지 않았다. 이는 본 연구에서 적용된 인솔은 보행에 의한 펌핑 동작으로 충격력 완화효과와 동시에 공기를 신발 내부에서 순환시키는 형태로 개발되었으며, 보다 효과적인 통기기능을 위해서는 유동

의 방향을 제어할 수 있는 체크밸브와 외부의 공기를 유입 또는 내부의 공기를 외부로 배출시킬 수 있는 구조가 필수적이라는 선행연구[20]를 미루어 볼 때 외부공기 유입 구조와 유동방향의 제어기능에 대한 보완이 필요하다고 판단된다.

5. 결론

본 연구는 현재 육군에 보급되고 있는 전투화와 통기구를 적용한 개발전투화, 그리고 충격흡수와 통기기능을 동시에 가질 수 있도록 일체형으로 개발된 인솔에 대한 성능 비교 및 기능적 우위를 판단하기 위해, 족저압력평가를 통한 충격분산효과와 내부온도 분석을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 족저압력 평가결과 기능성 인솔을 적용한 전투화 C가 전투화 A보다 왼발/오른발 후족부의 최대족저압력에서 통계적으로 유의하게 낮았으며, 전투화 C가 전투화 B보다 왼발 후족부의 평균족저압력에서 통계적으로 유의하게 낮은 압력을 나타내었다. 이는 기능성 인솔의 적용이 후족부의 보행 시 뒷꿈치 지지기(heel contact)구간의 충격을 완화시켰다고 판단된다.

둘째, 내부온도 평가결과 보행 시작 후 40분경과 시점부터 개발 전투화인 B, C가 일반 전투화인 A보다 낮은 내부 온도를 보였으며 이는 통기기능이 적용된 개발전투화가 장시간 활동 시 군인들의 생체부담을 경감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. S. B. Park, S. K. Park, K. D. Lee, J. H. Lee, D. W. Kim, "Analysis of the Foot Pressure Distribution of combat shoes", *Conference of The Ergonomics of Society of Korea*, pp. 172-178, (2009).
2. B. Nigg, H. Sabrina, F. Reed, "Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics", *Clinical Biomechanics*, Vol.21, No.1, pp. 82-88, (2006).
3. A. K. Ramanathan, P. Kiran, G. P. Arnold, W. Wang, R. J. Abboud,

- “Repeatability of the Pedar-X® in-shoe pressure measuring system”, *Foot and Ankle Surgery*, Vol.16, No.2, pp. 70-73, (2010).
4. G. P. Brüggemann, L. Brüggemann, K. Heinrich, M. Müller, A. Niehoff, “Biological tissue response to impact like mechanical loading”, *Footwear Science*, Vol. 3, No.1, pp. 13-22, (2011).
 5. J. Y. Choi, W. Y. Kim, "Comparison of Biomechanical Characteristics for the Different Types of Army Boots in Running", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.40, No.3, pp. 987-1000, (2001).
 6. S. H. Suh, R. B. Kim, Y. J. Cho, “The Evaluation of LOWER Extremity Muscles in Combat shoes Custom Foot Orthotics”, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.18, No.2, pp. 115-124, (2008).
 7. K. S. Lee, J. W. Choi, "A study of Agricultural fatigue shoes - A comparative study of heat load by shoe type", *The Korean Journal of Community Living Science*, Vol.7, No.2, pp. 99-108, (1996).
 8. S. D. Han, S. D. Lee, J. H. Jeong, “Research on Warmth-keeping , Anti-bacteria and Deodorant Treatment for Feet , the Active Organ of Human Body”, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.6, No.1, pp. 41-44, (1987).
 9. E. Jeon, J. Ha, H. Kim, S. Park, D. Jung, J. Park, H. You, “Wearing Comfort Evaluation of Safety Shoes with a Ventilation System”, *Conference of The Ergonomics of Society of Korea*, pp. 37-41, (2013).
 10. B. M. Nigg, D. Stefanyshyn, G. Cole, P. Stergiou, J. Miller, “The effect of material characteristics of shoe soles on muscle activation and energy aspects during running”, *Journal of Biomechanics*, Vol.36, pp. 569-575. (2003).
 11. C. Lee, “Kinetic difference between normal-design running shoes and spring-load running shoes”, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.19, No.3, pp. 581-592. (2009).
 12. I. Park, J. Jung, K. Jeon, Y. Won, J. Kim, “Effects of forefoot rocker shoes with metatarsal bar on lower extremity muscle activity and plantar pressure distribution”, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.22, No.10, pp. 113-121. (2012).
 13. S. B. Park, K. D. Lee, D. W. Kim, J. H. Yoo, K. H. Kim, Y. M. Jang, S. P. Jun, J. J. Park, “Plantar Pressure Measurement of Korean New Combat Boots with Improved Comfort”, *Conference of Korean Society for Precision Engineering*, pp. 548-549, (2015).
 14. C. M. Lee, Y. J. Oh, “The Development of the Insole for Gait Load Decreasing by Biomechanics Analysis”, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.24, No.4 pp. 23-30, (2005).
 15. M. T. Serink, Nachemson, A., Hansson, G. “The effect of impact loading on rabbit knee joints”, *Acta Orthopaedica Scandinavica*, Vol.48, No.3, pp. 250-262, (1977).
 16. E. L. Radin, “Biomechanics of the knee joint. Its implications in the design of replacements”, *Orthopedic Clinics of North America*, Vol.4, No.2, pp. 539-546, (1973).
 17. H. Y. Kim, D. M. Yoon, Y. H. Jang, H. Y. Jeong, H. D. Kim, “The Effect of Biomechanical Changes Occuring in the Foot to the Difference of Shoes in Female on Plantar Fasciitis”, *Journal of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, Vol.28, No.4, pp. 1-12, (2014).
 18. Y. O. Jeong, S. J. Park, "Effects of the Shoes on Thermophysiological Responses during Walking", *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, Vol.2, No.1, pp. 9-16, (1995).
 19. A. Kawabata, H. Tokura, “Effect of shoe type on the thermoregulatory response and clothing microclimate in women during

- walking and resting”, Journal of Home Economics of Japan, Vol.44, No.8, pp. 665-670, (1993).
20. M. W. Kim, C. I. Cho, M. H. Kim, J. Y. Park, "Reaserch of temperature change on inside of ventilation shoe during walking", Conference of Korean Society for Precision Engineering, pp. 897-898, (2012).