



20대 남성의 아래팔 손목 건영역과 근육영역 가압이 손가락 혈류속도에 미치는 효과

김남임¹⁾ · 홍경희[†]

¹⁾영남대학교 의류패션학과
충남대학교 의류학과

Effects of Pressurization on Finger's Blood Velocity of Tendon and Muscle Areas in Forearm of 20's male

Kim, Nam Yim¹⁾ and Kyunghi Hong[†]

¹⁾Dept. of Clothing and Fashion, Yeungnam University; Gyeongsan, Korea
Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University; Daejeon, Korea

Abstract: This study investigated if the proper pressure level on the wrist tendon area and muscle area of the lower arm are within the same range by examining the responses of blood flow and subjective evaluation. Subjects consisted of 18 males in their 20s, and the experimental bands were custom-made by applying size measurements of each subject. In the experiment, a total of 5 steps were selected by reducing 10 (Step 1) to 50 (Step 5)% from the original body size in the circumferential direction. Blood flow was measured with a sensor attached to the tip of the finger inside the right hand while sitting in a chair for 15 minutes. Blood velocity began to increase (0.82 kPa) when the wrist circumference around tendon area was reduced by 20% (Step 2) and reached its maximum (1.72 kPa) at Step 4. However, the preferred subjective pressure was 1.36 kPa, which was less than the maximum pressure value of 1.72 kPa for Step 4. Blood velocity began to increase when pressure on the muscle area was 1.38 kPa and reached its maximum at 2.16 kPa; however, the most preferred clothing pressure was 1.71 kPa. The results of this study showed that the appropriate pressure level was higher in the muscle area than in the wrist tendon of the lower arm and indicated that graduated compression is favorable.

Key words: graduated compression wear (차등형 컴프레션 웨어), clothing pressure (의복압), blood flow (혈류량), blood velocity (혈류속도)

1. 서 론

수년에 걸쳐 컴프레션 웨어는 혈관계 질환 치료·예방, 다리 부종, 및 피로감 등과 같은 혈액 순환계의 문제를 줄이기 위해 활용되고 있는 기능성 의류 아이템이다. 이러한 의류는 착용했을 때 인체 조직으로 압력이 전달되어 혈관 단면적 변화를 일으키고 혈류에 직접 영향을 미치는 것으로 알려졌고 MRI 측정을 통해 증명되었다(Charles et al., 2011; Downie et al., 2008; Mayrovitz & Larsen, 1997; Wang et al., 2012). 이렇듯 컴프레션 웨어가 혈류 흐름에 중요한 역할을 하는 것으로 알려지면서 관련된 연구들이 국내·외에서 꾸준히 발표되고 있

다(Duffield et al., 2008; Kakkos et al., 2018; Mosti & Partsch, 2013).

본 연구는 팔 중에서 아래팔을 대상으로 가압 위치와 가압 수준을 변인으로 했을 때 혈류 변화에 대해 관찰하였다. 이에 관련 기존 문헌들은 팔을 가압하고 혈류 역학적 관점에서 효과를 검증한 연구에 대해 살펴보고자 한다. Bochmann et al. (2005)은 가압 크기가 다른 6종 컴프레션 팔 슬리브를 착용하고 저장도 핸드 드립 운동 시 혈류량을 유의미하게 증가시키는데 유익한 의복압은 13~23mmHg(1.73~3.06kPa) 범위라고 했다. 한편, Kraemer et al.(2001)은 암컷(50회×2세트, 4회 반복) 후 회복기 3일간 10mmHg(1.33kPa) 정도의 컴프레션 팔 슬리브(겨드랑이 가운데점부터 아래팔 근부위까지)를 착용하게 하니 근육통이 감소했고 피로회복에 도움이 된다고 했다. 위의 두 선행연구 결과는 팔 슬리브의 의복압 10~23mmHg(1.33~3.06kPa)는 혈류 흐름을 촉진하는데 유의미한 수준임을 의미한다.

최근에는 손목과 팔의 과도한 사용으로 손목에 잦은 충격이 가해져 스트레스가 누적되거나 미세파열로 쥐는 힘 감소, 염증, 국소 통증 등으로 고통을 호소하는 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 증세 개선을 위해 병원 또는 스포츠 현장에서 증

†Corresponding author; Kyunghi Hong

Tel. +82-42-821-6823, Fax. +82-42-821-8887

E-mail: khong@cnu.ac.kr

© 2019 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

세가 나타난 부위에 따라 손목 보호대 또는 아래팔 근육 브레이스 착용을 권장하고 있고, 효과를 검증한 사례도 보고되었다. Burton(1985)은 상완골 외측상과염증 환자에게 신축성 소재를 사용하고 의복압 20mmHg(2.66kPa) 정도의 손목 브레이스는 통증완화에 효과가 있다고 했다. 같은 맥락으로 Dagostino(1997)는 상완골 외측상과염증 환자를 대상으로 설문지 평가를 통해 신축성 손목 브레이스는 통증개선에 도움이 된다고 보고했다. 그리고 효과지속을 위해 브레이스의 의복압을 유지하는 것이 중요하다고 언급했지만 브레이스의 정량적 의복압은 제시하지 못했다. 반면, Jafarian et al.(2009)은 길이가 다른 3종 브레이스가 키보드 동작 시 통증완화에 유용한지에 대해 평가하였고, 모든 브레이스는 통증 완화에 효과가 없다고 보고했다. 이러한 결과는 몇몇 연구자들에 의해서도 발표되었다(Wadsworth et al., 1989; Wuori et al., 1998). 그런가 하면 써포트 밴드를 착용

하고 팔운동 시 근전도 측정을 통해 근피로를 평가하고, 써포트 밴드는 근피로에 효과가 없다고 했다(Knebel et al., 1999). 이상과 같이 기존 연구에서 손목 보호대 또는 아래팔 근육 브레이스의 기능적 효과는 증상개선, 통증완화, 피로감에 대해 평가하였고 ‘효과있음’, ‘효과없음’이 혼재되어 있었다. 그리고 성능평가 방법에 있어 주로 설문지 평가, 또는 근전도 측정을 통해 검증했고 혈류 측정을 시행한 사례는 없었다. 이 외에도 정량적 의복압, 주관적 압박감, 착용 쾌적감 평가에 대한 보고가 거의 이루어지지 않았다.

이에 본 연구의 목적은 손목 건영역과 아래팔 근육영역에 가압 크기를 변인으로 했을 때 혈류 측정을 시행하고 혈류량과 혈류속도 변화에 대해 알아보고자 한다. 또한 손목지지, 아래팔 근육지지를 위해 주관적으로 선호하는 압박 수준에 대해 평가하고, 생리적으로 쾌적한 정량적 의복압 수준과 주관적으로 선

Table 1. Characteristics of subjects for the selection of pressure limit on the forearm

Subjects	Height (cm)	Weight (kg)	Circumference(cm)			BMI*	Body type	Experience of wearing compression
			Chest	Waist	Hip			
S1	174.5	71.5	95.5	81.5	95.0	23.5	Normal	No
S2	172.5	68.0	95.0	79.0	94.5	22.9		
S3	173.0	71.0	94.0	80.5	96.0	23.7		
S4	173.5	70.0	95.7	80.0	95.2	23.3		
S5	173.5	70.5	95.0	80.3	95.5	23.4		
S6	175.0	71.5	96.3	81.0	95.0	23.3		
S7	178.5	75.0	100.0	82.5	99.5	23.5		
S8	176.0	71.0	97.0	84.0	95.0	22.9		
S9	175.0	74.0	98.5	86.5	97.0	24.2	Over weight	Yes
S10	173.0	72.5	97.0	85.3	96.0	24.2		
S11	173.5	71.5	96.0	81.5	95.0	23.8		
S12	176.0	74.0	97.5	83.0	96.7	23.9		
S13	180.0	78.0	98.5	84.0	97.5	24.1		
<i>M</i>	174.9	72.2	96.6	82.2	96.0			
(<i>SD</i>)	(2.2)	(2.4)	(1.6)	(2.1)	(1.3)			
S14	173.0	83.0	103.5	92.0	102.5	27.7	Over weight	No
S15	178.0	85.0	104.5	92.0	104.0	26.8		
S16	173.5	81.0	103.8	93.5	104.5	26.9		
S17	175.5	85.0	106.7	95.0	105.8	27.6		
S18	174.5	83.5	105.5	94.3	103.8	27.4		
<i>M</i>	174.9	83.5	104.8	93.4	104.1			
(<i>SD</i>)	(1.8)	(1.5)	(1.2)	(1.2)	(1.1)			
6 th Size Korea	173.6	70.9	95.1	80	94.2			
Technical Report*** (2010)	(5.5)	(1.0)	(6.3)	(8.1)	(5.8)			

*BMI(Body Mass Index)

BMI= Weight(kg)/((Height/m)x(Height/m))

Underweight: < 18.5

Normal range: 18.5~25

Overweight: 25~30

**Mean size of Korean men in their 20s(Size Korea, 2010)

***KATS.(2010). <http://sizekorea.kr>

호하는 의복압 수준을 비교 제시하고자 한다. 본 연구결과는 추 후 컴프레션 웨어 상의 제품군 개발 시 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 피험자 선정

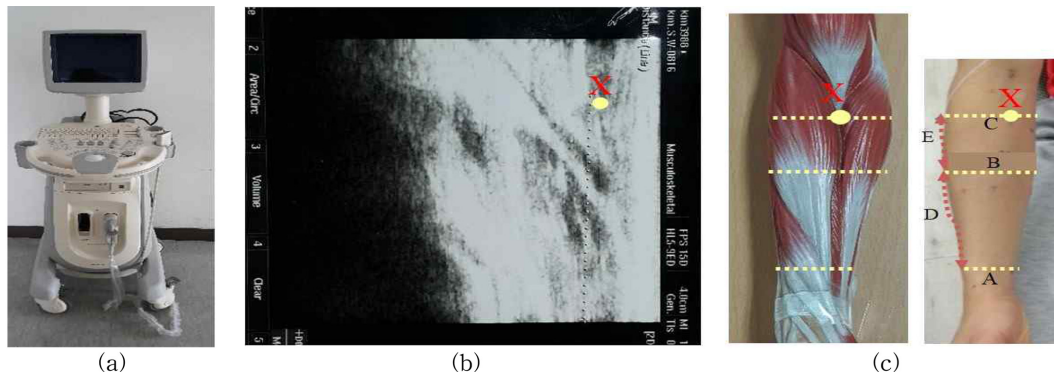
본 연구에 참여한 피험자는 Table 1과 같이 20대 남성 18명 이고 신체질량지수(Body Mass Index/ BMI) 계산을 통해 피험자의 체형을 분류하였다. BMI 지수가 표준(18.5~25)으로 판명된 피험자는 S1~S13이고, 비만(25~30) 피험자는 S14~S18이다. 또한 동일한 체형 내에서 컴프레션 웨어를 착용한 경험이 있는 지에 대해 조사하고 착용 유경험자, 착용 무경험자로 분류하였다. 표준체형이고 컴프레션 웨어 착용 무경험자는 S1~S8이고, 컴프레션 웨어 착용 유경험자는 S9~S13이다. 비만체형이고 컴프레션 웨어 착용 무경험자는 S14~S16, 착용 유경험자는 S17, S18이다.

2.2. 아래팔의 손목 건과 근육 위치 탐색

본 연구에서 아래팔 부위는 손목부터 팔꿈치까지를 말하고 피험자마다 신체적 특성이 상이해서 아래팔의 손목 건과 근육의 위치 및 길이가 다르다. 아래팔을 이루는 주요 근육들은 상완요골근(Brachioradialis), 척측수근굴근(Ulnar flexor of wrist), 요측수근굴근(Radial flexor of wrist) 등으로 이루어져 있고, 이들 근육들은 건과 근육의 경계를 이루는 위치가 각각 다르다. 상완요골근은 상완골의 외측상과면과 외측근간중간에서부터 요골의 경상돌기에 붙어있는 것으로 주관절을 굴곡하고, 손목관절의 중립위치에서 전완 굴곡 시 수축력이 가장 크고 매우 활동적인 근육이다. 이에 본 연구에서는 Fig. 1(a)와 같이 초음파

영상장비(SONOACE X 4, Medison)를 사용하고 전문가의 자문을 받아 안쪽 아래팔의 상완요골근, 요측수근굴근, 척측수근굴근의 근육과 건의 경계를 탐색하였다. 초음파 탐침(Probe)은 초음파를 발생시켜 초음파 영상 구성을 위한 데이터를 획득하는 것으로 탐침의 방향(세로/ 가로)에 따라 거리 측정, 깊이 측정 등이 가능하다. 본 연구에서는 건과 근육의 위치 및 경계 탐색이 목적이므로 초음파 탐침은 세로로 잡고 다음과 같은 순서로 탐색하였다. 첫째, 초음파 탐침부는 안쪽 손목 위치에서 팔꿈치를 향하도록 잡고 영상을 보면서 상완요골근부터 피부면을 따라 근육과 건의 경계지점을 탐색하고 피부에 표시하였다. 그리고 동일한 방법으로 요측수근굴근의 근육과 건의 경계를 탐색하였다. 둘째, Fig. 1(b)에서와 같이 상완이두근건의 하단의 X위치를 탐색하기 위해 탐침은 손목을 향하도록 잡고 팔꿈치부터 손목을 향해 서서히 이동하면서 탐색하고 피부에 표시하였다. 그리고 이것을 지나는 아래팔 위축 가로둘레선을 'C'라고 하였다. 셋째, 상완요골근의 건과 근육의 경계둘레(B)와 상완이두근 하단의 건과 근육의 경계둘레(C) 및 손목둘레(A)를 측정하였다. 넷째, 손목 안쪽점부터 상완요골근의 건과 근육의 경계둘레(B)까지의 세로길이 D를 아래팔 외측 피부면을 따라 측정하였다(Fig. 1(c)의 D). 또한 상완요골근의 건과 근육의 경계(B)부터 상완요골근건 하단에 위치한 건과 근육의 경계둘레(C)까지의 길이 E를 측정하였다(Fig. 1(c)). 본 연구에서는 Fig. 1(c)과 같이 D를 "손목 건영역", E를 "아래팔 근육영역"이라고 명명하였다.

피험자의 손목 건영역과 아래팔 근육영역의 둘레 및 길이 측정 결과는 Table 2와 같다. 이때 길이 측정 시 팔의 형태상 외측 길이가 안쪽 팔의 가운데 부분보다 길어서 외측에서 길이를 측정하였다.



(a; Ultrasonic equipment, b; Ultrasonic image c; Measurement locations of forearm)

- A: Wrist circumference measured around A
- B: Circumference of upper tendon boundary of brachioradialis
- C: Circumference of the belly of brachioradialis muscle
- D: Length from wrist A to B
- E: Length from B to C

Fig. 1. Locations used for blood flow measurement and ultrasonic equipment used.

Table 2. Length and circumference of the sections of lower arm detected by ultrasonic equipment

Subjects	Measurement locations(cm)				
	A	B	C	D	E
S1	17.5	9.5	19.5	6.8	24.8
S2	16.5	8.7	22.0	7.3	26.0
S3	17.5	9.0	22.5	7.2	26.3
S4	17.5	11.0	25.3	7.5	27.0
S5	17.2	10.5	23.5	6.7	27.5
S6	17.5	8.0	24.3	7.5	26.8
S7	17.0	8.5	19.0	7.2	25.0
S8	16.5	8.0	20.5	8.5	24.5
S9	17.2	11.0	23.0	8.7	26.0
S10	17.5	11.0	25.5	6.8	25.5
S11	16.8	8.2	22.8	8.5	26.7
S12	17.5	9.0	23.5	7.5	27.2
S13	17.5	10.0	22.0	8.3	26.5
S14	18.7	9.5	24.5	8.0	30.5
S15	17.8	10.0	23.4	7.5	29.4
S16	18.2	9.5	24.5	7.0	25.5
S17	18.5	9.2	23.7	8.0	29.2
S18	18.5	10.0	23.5	8.3	28.7
Total <i>M</i>	17.5	9.5	22.9	7.6	26.8
(<i>SD</i>)	(0.6)	(1.0)	(1.8)	(0.6)	(1.6)

- A: Wrist circumference measured
- B: Circumference of upper tendon boundary of brachioradialis
- C: Circumference of the belly of brachioradialis muscle
- D: Length from wrist A to B
- E: Length from B to C
- F: Length from elbow to C

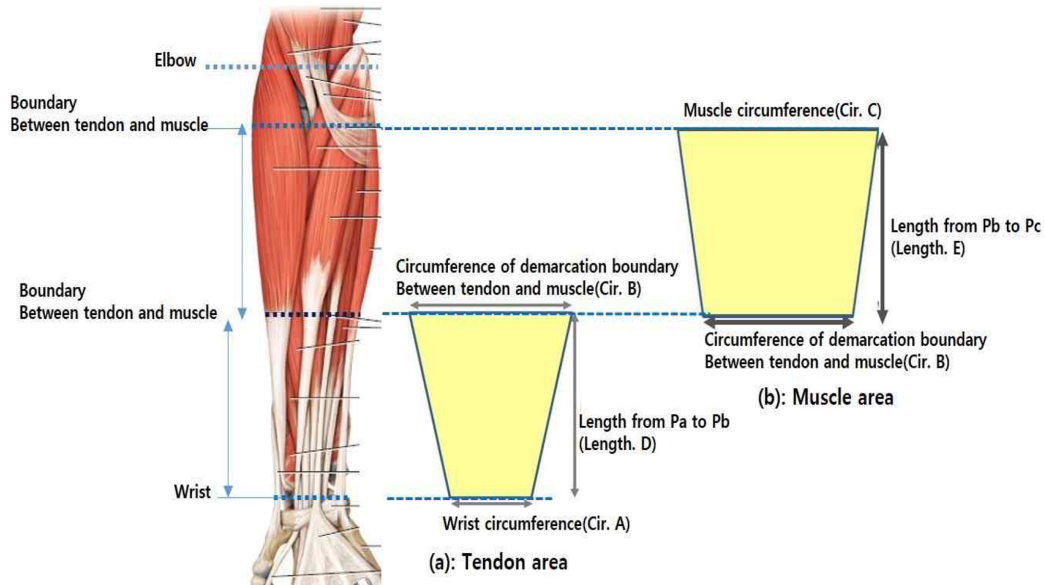


Fig. 2. Experimental band design for pressurization of tendon and muscle of forearm.

2.3. 가압 밴드 패턴 전개 및 제작

가압밴드형 실험복의 원형패턴은 아래팔을 팔꿈치 방향으로 넓어지는 원통형으로 가정하여 Fig. 2와 같이 사다리꼴로 전개하였고 측정치를 대입하여 개인 맞춤형태로 제작하였다. 손목 건영역 패턴은 Fig. 2(a)와 같이 밑변은 손목둘레 측정값(A), 윗변은 상완요골근의 건과 근육의 경계둘레 측정값(B), 높이는 손목 안쪽점부터 건과 근육의 경계길이 측정값(D)을 대입하고, 이를 원형패턴으로 전개하였다. 아래팔 근육영역 패턴은 Fig. 2(b)와 같이 밑변은 상완요골근의 건과 근육의 둘레 측정값(B), 윗변은 상완이두근건 하단의 건과 근육의 경계둘레 측정값(C), 높이는 상완요골근의 건과 근육의 경계부터 상완이두근건의 하단에 위치한 건과 근육의 경계까지의 길이 측정값(E)을 대입하고 해당 부위만큼 기본패턴으로 전개하였다.

2.4. 축소패턴 전개 및 제작

축소패턴 전개는 손목 건영역과 아래팔 근육영역 기본패턴을 활용하였고 Yuka CAD 프로그램 중 패턴 축소/확대 기능에서 둘레(폭)방향으로 10~50%까지 10%씩 축소하였다. 10%를 축소했을 때를 가압 1단계, 20% 축소 2단계, 30% 축소 3단계, 40% 축소 4단계, 50% 축소 5단계이고 총 5단계로 설정하였다. 손목 건영역용 밴드는 T_{band} , 근육영역용 밴드 M_{band} 로 명명하였다. 가압밴드 제작 시 원형패턴에서 50%까지 축소했기 때문에 착용하는 과정에서 봉제선이 터질 수 있어 오버록(Overlock) 봉제법을 사용하였다. 사용된 소재는 섬유 조성률이 Nylon 77.2%, Polyurethane 22.8%이고 두께가 0.4mm인 트리코트(Tricot, T)이다.

2.5. 주관적 측정 및 압박감 선호도 평가

본 연구의 실험용 의복은 Fig. 3과 같이 가압이 전혀 없는

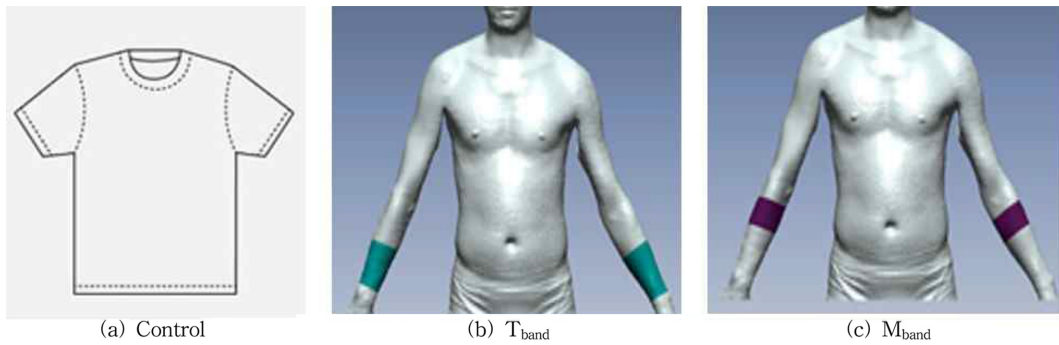


Fig. 3. Loose fit sports wear(control) and two types of band.

루즈핏 스포츠웨어 상-하의(Control), 손목 건영역 밴드(T_{band}) 5 단계, 아래팔 근육영역 밴드(M_{band}) 5단계로 총 11종이다. 실험복 지급은 라틴스퀘어 방법을 이용하여 실험복으로 인한 순서 효과를 최소화하였다. 이때 가압밴드 착용 부위에서만 가압을 느끼게 하고 상-하의는 모두 컨트롤 착용으로 인체에 가압이 전혀 느껴지지 않도록 통제하였다.

2.5.1. 의복압 측정

의복압 측정은 손목 건영역에 T_{band} 5종, 아래팔 근육영역에 M_{band} 5종 착용 시 정량적으로 의복압 정도를 확인하고자 실험을 진행하였다. 측정 위치(Fig. 4(b))는 손목 건영역 후면 (posterior, P1), 전면(anterior, P2)과 아래팔 근육영역의 후면 (posterior, P3), 전면(anterior, P4)에서 각각 1분간 측정하였다. 측정 장비(Fig. 4(a))는 공기 주입식 압력 센서(AMI3037-2, AMI Techno. Co. Ltd., Japan)를 사용하였고, 데이터 분석은 측정값의 앞-뒤 10초씩 20초를 노이즈로 처리하고 40초에 대한 평균값을 사용하였다.

2.5.2. 혈류 측정

혈류 측정은 피험자가 실험실에 도착하면 20분간 안정을 취하고 체온계(IRT 4520, Mexico)로 귀내온 측정을 통해 체온이 35.4-36.7°C 범위에 속하면 정상체온으로 간주하고 실험을 진

행하였다(Sim, 1996). 피험자는 체온 측정이 끝나면 지급된 실험복으로 갈아입고 팔걸이와 등받이가 있는 의자에 앉아 실험에 임할 수 있도록 했다. 혈류측정 시간 설정은 레이저 도플러 혈류 측정 장비를 사용하고 10분간 혈류량을 측정할 사례(Choi, 1989)는 있으나, 본 연구에서는 피험자 1인을 대상으로 사전평가에서 15분이 경과되었을 때 피험자의 움직임이 시작되어 혈류측정 시간은 15분으로 선정하였다. 휴식하는 동안에는 금연, 음식물 섭취 금지, 자극적인 음악, 동영상 시청 금지 등으로 결과에 영향이 미치지 않도록 통제하였다. 측정 장비(FLO-C1 OMEGAWAVE, INC., Japan)는 레이저 도플러 혈류 측정법(Laser Doppler-Flowmetry)방식이고 피부 표면으로부터 약 1 mm정도 아래의 미세 순환 혈류를 측정할 수 있다. 이에 본 연구에서는 비록 가압 위치가 아래팔이지만 이 장비 특성을 고려하여 오른손 가운데 손가락 안쪽 끝에 센서를 부착하고 손가락 혈류 데이터를 획득하였다. 데이터 수집은 수집기(HP Agilent 34970A)를 통해 컴퓨터에 저장되었고, 혈류량 및 혈류속도의 데이터는 앞-뒤 1분씩 2분을 노이즈로 처리하고 13분간 측정값의 평균값을 사용하였다. 결과분석은 IBM SPSS STATICS 24.0을 이용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA)과 사후검증의 다중비교(Duncan's multiple range test)를 하였다.

2.5.3. 주관적 압박감 선호도 평가

주관적 압박감은 착용자가 느끼는 감각으로 착용자의 신체적 특성, 평가 위치, 평가 자세, 생활권 및 문화적 요인(Back & Choi, 2008; Shim & Park, 1999; Troynikov et al., 2013)에 의해 변할 수 있고, 평소 착의 습관의 피트성 정도(Kweon, 2012)에 의해서 달라질 수 있다. 이에 본 연구에서는 착용자의 체형과 컴프레션 웨어 착용 경험을 변인으로 선정하고 ‘표준체형-유경험자’, ‘표준체형-무경험자’, ‘비만체형-유경험자’, ‘비만체형-무경험자’에 대한 압박감 선호도를 조사하였다. 평가 시 손목 건영역은 손목지지, 근육영역은 근육지지를 위해서 가장 적합하다고 판단되는 가압밴드를 각각 1개씩 선정하고 설문지에 표시하도록 하였다. 본 연구의 피험자(18인) 중에서 표준체형-유경험자 5인, 표준체형-무경험자 8인, 비만체형-유경험자 2인, 비만체형-무경험자 3인이다.

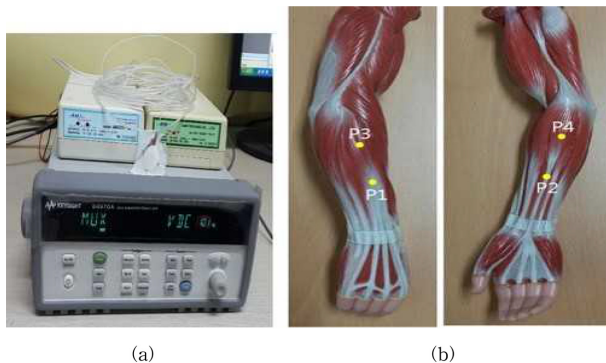


Fig. 4. Equipment(a) and locations of clothing pressure measurement(b).

3. 결과 및 논의

3.1. 손목 건영역 가압

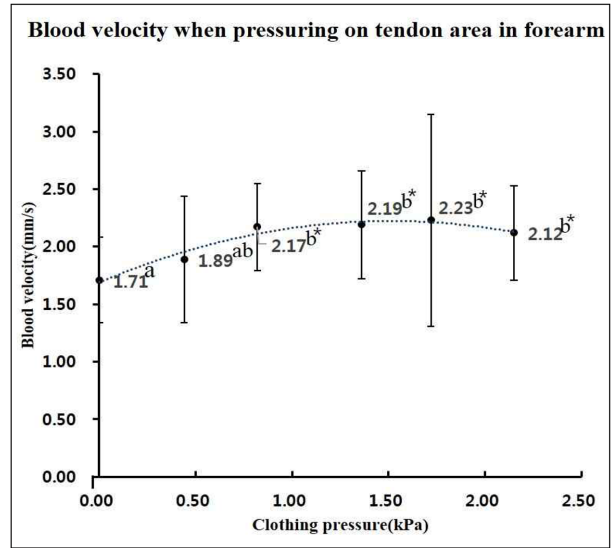
3.1.1. 정량적 의복압

가압 크기가 다른 5종 T_{band} 를 착용했을 때 후면(P1)과 전면(P2)에서의 정량적 의복압 정도를 확인하기 위해 실험을 진행하였고, 측정 결과는 Table 3과 같다. 의복압 측정치는 축소율이 가장 작은 가압 1단계 T_{band} 전면과 후면 모두 0.50kPa 미만, 가압 2단계 1.00kPa 미만이었다. 그런가 하면 가압 3단계 1.36kPa 측정치를 나타냈고 4단계 1.72kPa로 측정되었다. 축소율이 가장 높은 가압 5단계는 2.15kPa로 축소율이 높을수록 의복압도 높게 측정되었고, 5종 T_{band} 의 의복압은 0.44~2.15kPa 범위임을 알 수 있었다.

3.1.2. 혈류 변화

가압 크기에 따른 혈류 변화 분석은 가압이 전혀 없는 루즈 핏 스포츠웨어 상-하의(0kPa)를 착용하고 측정된 혈류량과 혈류속도를 각 항목의 실험 대조군으로 선정하였다. 혈류량 항목은 5종 T_{band} 와 실험 대조군 간 유의차($F=.647, p=.665$)가 나타나지 않았고 혈류속도 항목에서만 유의미한 차이가 나타났다(Fig. 5). 혈류속도는 가압 2단계 T_{band} (0.82kPa) 밴드 착용 시 유의하게 증가하기 시작했고, 가압 4단계 T_{band} (1.72kPa)에서 최대치를 나타냈다. 그러나 가압 5단계 T_{band} (2.15kPa) 착용 시 혈류속도는 컨트롤보다 증가한 반면, 가압 4단계의 혈류속도보다 낮아졌다. 이로써 손목 건영역에서 혈류속도를 증가시키는데 유익한 의복압은 0.82~2.15kPa 범위로 확인되었다. 이러한 결과는 Burton(1985)에서 상완골 외측상과염증 환자를 대상으로 20mmHg(2.67kPa) 수준의 신축성 손목 브레이스 착용하고 설문지 평가를 통해 통증 완화에 유익했다. 이것은 본 연구결과를 일차로 지지해 주고 있다고 판단된다. 그러나 본 연구의 피험자는 건강한 사람을 대상으로 선정한 반면 선행연구는 환자를 대상으로 하였고 평가도구도 매우 상이하여 본 연구와 전적으로 비교하는 데는 한계가 있다.

본 연구결과는 정량적 의복압 크기에 따라 혈류속도가 증가하는 시점과 최대치가 되는 시점이 존재했고, 다시 최대치보다 감소하는 경향성을 나타냈는데 이러한 변화양상은 기존연구에서도 찾아볼 수 있다. Yamaguchi et al.(1986)의 연구에 의하면 발목에 10mmHg(1.33kPa) 수준으로 가압했을 때 혈류속도는 컨트롤보다 5% 증가를 나타냈고 30mmHg(3.99kPa)에서 124%



* $p < .05$, comparing control and each grade
Duncan's multiple range test: $a < b < c < d$

Fig. 5. Change of blood velocity in accordance with clothing pressure when tendon area of forearm was pressurized.

까지 증가하였다. 그러나 40mmHg(5.33kPa) 정도로 가압했을 때, 혈류속도는 다시 감소하는 양상을 나타냈다. 이렇듯 선행연구에서 본 연구와 가압 크기에 따른 혈류속도의 변화추이는 유사하나 가압 위치와 가압 크기가 달라 직접 비교하는 데는 어려움이 있다.

3.1.3. 주관적 압박감 선호도 평가

가압 크기가 다른 5종 T_{band} 를 착용했을 때 손목지지를 위해 가장 적합하다고 판단되는 T_{band} 밴드 1개를 선정하도록 하였고, 평가결과는 Table 4와 같다. 피험자의 체형과 컴프레션 착용 경험을 변인으로 했을 때 선호하는 압박감은 차이가 있었다. 우선, 표준체형-유경험자를 대상으로 조사했을 때 선호하는 압박감 빈도수는 가압 3단계 1명, 가압 4단계 4명으로 확인되었고, 표준체형-무경험자는 가압 2단계 2명, 가압 3단계 5명, 가압 4단계 1명으로 평가되었다. 즉, 표준체형 내에서 컴프레션 웨어 유경험자들이 선호하는 압박감은 가압 4단계 T_{band} (1.72kPa), 무경험자는 가압 3단계 T_{band} (1.36kPa)로 판명되었다. 다음은 비만체형 5인 중에서 컴프레션 웨어 유경험자 2명 모두 가압 3단계 T_{band} (1.36kPa)를 선호했고, 무경험자 3명 중 1명은 가압

Table 3. Clothing pressure at tendon area depending on pattern reduction from Grade 1 to Grade 5 in forearm

(Unit: kPa)

Measurement locations	Pressure grades				
	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4	Grade 5
	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
Posterior(P1)	0.46(.24)	0.85(.32)	1.38(.43)	1.75(.54)	2.19(.48)
Anterior(P2)	0.42(.18)	0.79(.29)	1.34(.38)	1.69(.56)	2.10(.51)
Total <i>M(SD)</i>	0.44(.06)	0.82(.11)	1.36(.05)	1.72(.10)	2.15(.17)

Table 4. Preferred pressure depending on body type and experience of wearing compression wear at wrist tendon area

Preference of pressure grade /clothing pressure(kPa)	Body type			
	Normal		Over weight	
	Experience of wearing compression wear(person)			
	Yes	No	Yes	No
Grade 1 / 0.44	-	-	-	1
Grade 2 / 0.82	-	2	-	2
Grade 3 / 1.36	1	5	2	-
Grade 4 / 1.72	4	1	-	-
Grade 5 / 2.15	-	-	-	-

1단계 T_{band}(0.44kPa)가 적합하다고 응답했다. 그 외 2명은 가압 2단계 T_{band}(0.82kPa)를 선호하다고 평가했다. 이로써 표준체형은 비만체형보다 더 높은 수준으로 손목 건영역을 가압할 때 손목지지 효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 컴프레션 웨어 착용 유경험자가 무경험자보다 높은 수준의 압박감을 선호하는 것으로 평가되었는데, 이는 컴프레션 웨어를 착용한 경험자일수록 의복에 의한 압박감이 몸에 익숙해졌기 때문이라고 판단된다. 이렇듯 컴프레션 웨어는 착용자의 체형과 착용 경험에 따라 선호하는 압박감 크기가 달라지므로 컴프레션 웨어 착용감 평가 시 고려되어야 할 요인이라고 생각된다.

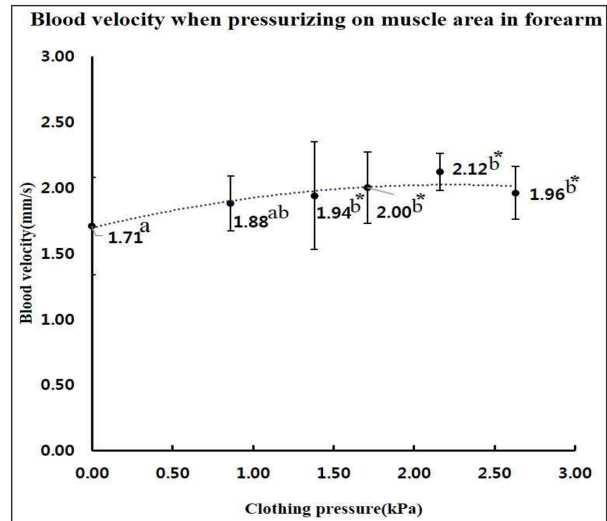
3.2. 아래팔 근육영역 가압

3.2.1. 정량적 의복압

가압 크기가 다른 5종 M_{band}를 착용했을 때 정량적 의복압 정도를 확인하기 위해 실험을 진행하였고, 측정 결과는 Table 5와 같다. 5종 M_{band}의 의복압은 축소율이 클수록 높은 측정치를 보였고 0.86~2.63kPa 수준인 것으로 확인되었다. Lee et al (2015)은 컴프레션 상의를 개발하고 아래팔 중 가장 돌출된 부위에서 의복압을 측정했을 때, 쾌적한 수준의 의복압은 정자세에서 23.4mmHg(3.12kPa) 수준이라고 하였다. 선행연구에서의 의복압 측정 위치는 본 연구의 아래팔 근육영역에 포함되고, 선행연구에서 제시하는 쾌적한 의복압 수준은 본 연구의 의복압 측정치보다 더 높은 수준이다. 이에 본 연구에서의 5종 가압 M_{band}의 정량적 의복압은 쾌적한 수준이라고 생각된다.

3.2.2. 혈류 변화

아래팔 근육영역에 가압 크기가 다른 5종 M_{band}를 착용했을



*p<.05, comparing control and each grade
Duncan's multiple range test: a<b<c

Fig. 6. Change of blood velocity in accordance with clothing pressure when muscle area of forearm was pressurized.

때 혈류 변화에 대해 알아보고자 실험을 진행하였고, 측정 결과는 Fig. 6과 같다. 혈류 측정을 통해 획득한 데이터는 혈류량 변화와 혈류속도 변화를 분석할 수 있어 두 항목 모두 가압 크기에 따른 각각의 반응을 확인하였다. 우선, 혈류량은 컨트롤과 비교했을 때 통계적 유의차는 없었고(F=1.349, p=.251), 혈류속도 항목에서만 유의미한 차이가 나타났다. 의복압이 가장 낮은 가압 1단계 M_{band}(0.86kPa) 착용 시에 혈류속도는 컨트롤과 비교했을 때 통계적 유의차는 없었다. 하지만 가압 2단계 M_{band}(1.38kPa)를 착용했을 때부터 혈류속도는 증가하기 시작했고 가압 4단계 M_{band}(2.16kPa)로 가압 시 최대치가 되었다. 그러나 흥미롭게도 가압 5단계 M_{band}(2.63kPa)를 착용했을 때 혈류속도는 컨트롤보다는 유의하게 증가하였으나 4단계보다 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 변화양상은 손목 건영역을 가압했을 때와 동일하게 나타나 의복압이 어느 기준값 이상일 때에는 오히려 혈류속도가 감소하는 것을 알 수 있었다. 즉, 혈류속도는 어디를 가압하느냐와 얼마만큼 의복압을 적용했는지에 따라 '변화 없음', '증가', '감소' 반응을 나타냈고, 이러한 결과는 MacRae et al.(2011)의 리뷰논문에 의해 지지를 받는다고 판단된다.

Table 5. Clothing pressure depending on the pattern reduction from Grade 1 to 5 when muscle area in forearm was pressurized (Unit: kPa)

Measurement locations	Pressure grades				
	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4	Grade 5
	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)
Posterior(P1)	0.89(.34)	1.43(.41)	1.74(.43)	2.27(.51)	2.65(.55)
Anterior(P2)	0.83(.29)	1.32(.32)	1.68(.40)	2.05(.49)	2.61(.51)
Total M(SD)	0.86(.17)	1.38(.25)	1.71(.31)	2.16(.34)	2.63(.41)

Table 6. Preferred pressure depending on body type and experience of wearing compression wear at muscle area of forearm

Preference of pressure grade / clothing pressure(kPa)	Body type			
	Normal		Over weight	
	Experience of wearing compression wear(person)			
	Yes	No	Yes	No
Grade 1 / 0.86	-	-	-	1
Grade 2 / 1.38	-	-	-	2
Grade 3 / 1.71	-	5	2	-
Grade 4 / 2.16	3	3	-	-
Grade 5 / 2.63	2	-	-	-

3.2.3. 주관적 압박감 선호도 평가

아래팔 근육영역에 가압 크기가 다른 5종 M_{band} 를 착용하고 근육지지를 위한 압박감 선호도 평가를 진행하였고, 평가결과는 Table 6과 같다. 표준체형-유경험자(5명/13명)를 대상으로 했을 때 4단계 M_{band} 3명, 5단계 M_{band} 2명이고, 표준체형-무경험자(8명/13명)는 3단계 M_{band} 5명, 4단계 M_{band} 3명으로 나타났다. 눈에 띄는 것은 표준체형이고 유경험자 중에서 가압 5단계를 선호하는 피험자가 2인 있었는데 가압 5단계는 의복압이 2.63kPa로 가압밴드 중에서 가장 높은 의복압에 해당되고, 혈류속도도 4단계 M_{band} 보다 감소를 나타내 생리적으로 덜 쾌적함에도 불구하고 가장 선호하는 것으로 나타나 가압목적에 따라 생리적으로 유익한 의복압을 선정할 것인지 주관적으로 쾌적한 의복압 수준을 선정할 것인지에 대해 고심할 필요가 있다고 생각된다. 다음은 비만 체형을 대상으로 했을 때 평가결과이다. 비만체형-유경험자(2명/5명) 3단계 M_{band} 2인, 비만체형-무경험자(3명/5명) 2단계 M_{band} 2, 1단계 M_{band} 1명으로 조사되었다. 이와 같은 결과로 아래팔 근육지지를 위해 가장 좋아하는 압박감은 표준체형-유경험자 4단계, 표준체형-무경험자 3단계, 비만체형-유경험자 3단계로 조사되었고 비만체형-무경험자 2단계로 확인되었다. 이로써 아래팔 근육지지를 위해 가장 선호하는 압박감은 표준체형이 비만체형보다 더 높은 압박감을 선호했고, 착의 경험자가 무경험자보다 더 높은 수준으로 압박하는 것을 좋아하는 것으로 드러났다. 즉, 주관적 압박감은 체형과 착의 경험에 의해 달라질 수 있으므로 착용 감성평가 시 고려되어야 할 요인이라고 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 20대 남성을 대상으로 아래팔의 해부학적 구조(건-근육)를 고려하여 손목 건영역과 아래팔 근육영역으로 나누고 각각의 영역을 가압할 때 혈류속도를 유의미하게 증가시키는데 관여하는 정량적 의복압 수준과 손목지지, 근육지지를 위해 가장 선호하는 압박감을 확인하였다.

첫째, 루즈핏 상-하의 컨트롤(0kPa)을 착용했을 때보다 손목 건영역에 0.82kPa 수준의 T_{band} 착용 시 혈류속도는 유의미하게 증가하기 시작했고, 1.72kPa 수준의 T_{band} 를 착용했을 때 최대

치가 되었다. 그러나 2.15kPa 수준으로 가압 시 혈류속도는 증가하였으나 1.72kPa로 가압했을 때보다 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 손목지지를 목적으로 했을 때 가장 선호하는 압박감은 1.36kPa 수준으로 평가결과 나타났고, 이는 혈류속도가 증가하기 시작하는 시점과 최대치가 되는 시점 사이에 포함되어 혈류 촉진에 효과가 있는 것으로 확인되었다.

둘째, 아래팔 근육영역에 1.38kPa 수준의 M_{band} 로 가압 시 혈류속도는 유의미하게 증가하기 시작했고, 2.16kPa 정도의 M_{band} 는 착용 시 혈류속도 최대치를 나타냈다. 그러나 의복압이 가장 높은 M_{band} (2.63kPa)는 컨트롤보다 혈류속도를 증가시켰으나 2.16kPa 수준에서의 혈류속도보다 감소하는 것으로 나타났다. 근육지지를 위해 가장 선호하는 M_{band} 는 가압 3단계이고 이때의 의복압은 1.71kPa로 평가되었다. 이는 손목 건영역과 마찬가지로 혈류속도가 증가하기 시작하는 시점과 최대치가 되는 시점 사이에 있었다. 이로써 아래팔 근육영역에 의복압 1.71kPa 수준의 M_{band} 는 혈류속도를 증가시키고 근육지지에 유익한 것으로 나타났고, 손목 건영역보다 아래팔 근육영역이 전반적으로 의복압은 높아도 되었으며 선호하는 의복압도 높은 것으로 확인되었다.

셋째, 손목과 아래팔 근육지지를 목적으로 주관적으로 선호하는 압박감 평가는 피험자 체형, 컴프레션 웨어 착용 경험을 변인으로 할 때 평가결과에서 차이가 나타났다. 우선, 손목 건영역에서 선호하는 압박감은 표준체형-유경험자 1.72kPa, 표준체형-무경험자 1.36kPa로 평가되었다. 그리고 비만체형-유경험자 1.36kPa, 비만체형-무경험자 0.82kPa로 조사되었다. 다음은 아래팔 근육영역에서 가장 선호하는 압박감은 표준체형-유경험자 2.16kPa, 표준체형-무경험자 1.71kPa, 비만체형-유경험자 1.38kPa, 비만체형-무경험자 0.86kPa로 도출되었다.

이상의 결과로, 손목 건영역과 아래팔 근육영역에서 혈류속도를 증가시키는 데 유익한 의복압 범위는 손목 건영역 0.82~2.15kPa, 아래팔 근육영역 1.38~2.63kPa로 나타났다. 이로써 손목 건영역에서 혈류촉진에 유의미한 의복압 수준은 아래팔 근육영역에서 드러난 유의미한 의복압 범위내에 포함되어 있으나 다소 낮았다. 착용자의 체형과 컴프레션 웨어를 착용한 경험을 변인으로 했을 때 손목지지와 아래팔 근육지지를 위해 가장 선호하는 압박감은 표준체형이 비만체형보다 더 높은 의복압을 선호했다. 또한 동일한 체형내에서 컴프레션 웨어를 착용한 경험에 따라 유경험자가 무경험자보다 선호하는 의복압은 더 높은 것으로 확인되었다. 즉, 주관적으로 선호하는 압박감은 피험자의 체형과 컴프레션 웨어 착용 경험에 따라 가변적인 특성을 나타내므로 착용 감성평가 또는 컴프레션 웨어 설계 시 고려되어야 할 변인이라고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부의 섬유생활스트림간협력기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호: 2013-1052, 패션스트림).

References

- Baek, Y. J., & Choi, J. W. (2008). Determination of the garment pressure level using the elastic bands by human body parts. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(10), 1651-1658. doi:10.5850/JKST.2008.32.10.1651
- Bochmann, R. P., Seibel, W., Haase, E., Hietschold, V., Rodel, H., & Deussen, A. (2005). External compression increases forearm perfusion. *Journal of Applied Physiology*, 99(6), 2337-2344. doi:10.1152/jappphysiol.00965.2004
- Burton, A. K. (1985). Grip strength and forearm straps in tennis elbow. *British Journal of Sports Medicine*, 19(1), 37-38. doi:10.1136/bjbm.19.1.37
- Charles, T., Mackintosh, D., Healy, B., Perrin, K., Weatherall, M., & Beasley, R. (2011). Merino wool graduated compression stocking increases lower limb venous blood flow: A randomized controlled trial. *Advances in Therapy*, 28(3), 227-237. doi:10.1007/s12325-010-0107-5
- Choi, K. B. (1989). *The study on skin blood flow in Koreans*. Unpublished doctoral dissertation, Chung-Ang University, Seoul.
- Dagostino, M. (1997). Wrist braces: Exercise discretion in distribution. *Professional Safety*, 42(7), 24.
- Downie, S. P., Raynor, S. M., Firmin, D. N., Wood, N. B., Thom, S. A., Hughes, A. D., ... & Xu, X. Y. (2008). Effects of elastic compression stockings on wall shear stress in deep and superficial veins of the calf. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 294(5), 2112-2120. doi:10.1152/ajpheart.01302.2007.
- Duffield, R., Edge, J., Merrells, R., Hawke, E., Barnes, M., Simcock, D., & Gill, N. (2008). The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(4), 454-468.
- Jafarian, F. S., Demneh, E. S., & Tyson, S. F. (2009). The immediate effect of orthotic management on grip strength of patients with lateral epicondylitis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(6), 484-489. doi:10.2519/jospt.2009.2988
- Kakkos, S. K., Timpilis, M., Patrinos, P., Nikolakopoulos, K. M., Papageorgopoulou, C. P., Kouri, A. K., ... & Tsolakis, I. A. (2018). Acute effects of graduated elastic compression stockings in patients with symptomatic varicose veins: A randomised double blind placebo controlled trial. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 55(1), 118-125. doi:10.1016/j.ejvs.2017.10.004
- Korean Agency for Technology and Standard. (2010). 측정 데이터 검색-전신[Search measurement data-whole body]. *Size Korea*. Retrieved August 14, 2014, from <http://sizekorea.kr/measurement-data/body>
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Wickham, R. B., Denegar, C. R., Gómez, A. L., Gotshalk, L. A., ... & Sebastianelli, W. J. (2001). Influence of compression therapy on symptoms following soft tissue injury from maximal eccentric exercise. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(6), 282-290. doi:10.2519/jospt.2001.31.6.282
- Knebel, P. T., Avery, D. W., Gebhardt, T. L., Koppenhaver, S. L., Allison, S. C., Bryan, J. M., & Kelly, A. (1999). Effects of the forearm support band on wrist extensor muscle fatigue. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 29(11), 677-685. doi:10.2519/jospt.1999.29.11.677
- Kweon, S. A. (2012). The effect of the skinny pants on the physiological responses and subjective pressure. *Korean Journal of Human Ecology*, 21(3), 567-576. doi:10.5934/KJHE.2012.21.3.567
- Lee, J. H., Jun, J. I., & Choi, K. M. (2015). Development of compression wear tops for men in their forties based on muscle locations. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 39(2), 271-286. doi:10.5850/JKST.2015.39.2.271
- MacRae, B. A., Cotter, J. D., & Laing, R. M. (2011). Compression garments and exercise. *Sports Medicine*, 41(10), 815-843. doi:10.2165/11591420-000000000-00000
- Mayrovitz, H. N., & Larsen, P. B. (1997). Effects of compression bandaging on leg pulsatile blood flow. *Clinical Physiology*, 17(1), 105-117.
- Mosti, G., & Partsch, H. (2013). Occupational leg oedema is more reduced by antigraded than by graduated stockings. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 45(5), 523-527. doi:10.1016/j.ejvs.2013.01.032
- Sim, B. J. (1996). A study on the variation of skin temperature on the adult male at environment temperature. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 15, 71-88.
- Sim, B. J., & Park, H. J. (1999). A study on the comfortability of wearing pantyhose. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 18(1), 71-90.
- Troynikov, O., Wardiningsih, W., Koptug, A., Watson, C., & Oggiano, L. (2013). Influence of material properties and garment composition on pressure generated by sport compression garments. *Procedia Engineering*, 60, 157-162. doi:10.1016/j.proeng.2013.07.054
- Wadsworth, C. T., Nielsen, D. H., Burns, L. T., Krull, J. D., & Thompson, C. G. (1989). Effect of the counterforce armband on wrist extension and grip strength and pain in subjects with tennis elbow. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(5), 192-197.
- Wang, Y., Pierce, I., Gatehouse, P., Wood, N., Firmin, D., & Xu, X. Y. (2012). Analysis of flow and wall shear stress in the peroneal veins under external compression based on real-time MR images. *Medical Engineering & Physics*, 34(1), 17-27. doi:10.1016/j.medengphy.2011.06.012
- Wuori, J. L., Overend, T. J., Kramer, J. F., & MacDermid, J. (1998). Strength and pain measures associated with lateral epicondylitis bracing. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(7), 832-837.
- Yamaguchi, K., Gans, H., Yamaguchi, Y., & Hagsisawa, S. (1986). External compression with elastic bandages: Its effect on the peripheral blood circulation during skin traction. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67(5), 326-331.

(Received 21 January, 2019; 1st Revised 13 February, 2019;
2nd Revised 13 May, 2019, 3rd Revised 8 July, 2019;
Accepted 12 July, 2019)