

<연구논문(기술)>

생체활성에너지 방사 소재의 근육피로도 개선 특성에 관한 연구

박효숙[†] · 박은호 · 노용환 · 양광웅

벤티텍스(주) 섬유과학연구소

A Study on the Improvement Characteristics of Bio Active Energy Radiated Fabric in Muscle Fatigue

Hyo Suk Park[†], Eun Ho Park, Yong Hwan Rho and Gwang Wung Yang

Research and Development Center, VENTEX Co. Ltd., Seoul, Korea

(Received: May 19, 2014 / Revised: June 16, 2014 / Accepted: July 14, 2014)

Abstract: This paper surveys improvement characteristics in muscle fatigue with bio-activity material imbedded fabric. For this purpose, the subjects wear the garment which is covered by bio-activity materials all over every day during 2 weeks of experimental period. After 2 weeks period, VAS(Visual Analogue Scale) index evaluation regarding muscle fatigue and pain has been conducted in comparison between before wearing and after so that we can evaluate the effect on muscle fatigue improvement. The effectiveness survey for testing products consists of improvement on crumple, muscle fatigue and exercise capacity. As a result, 100% of test subject group completes a questionnaire with positive answer as above normal in every question. In addition the preference of testing products is researched in wearing comfort, activity and convenience. And it is marked above normal by 100% of test subject group as well. Moreover any kind of unusual skin reaction has not been detected in safety evaluation. Therefore this testing products is being judged as a beneficent product for improvement on muscle fatigue without any skin irritation.

Keywords: bio active energy, far-infrared, muscle fatigue, wearing comfort, textile finishing

1. 서 론

최근 생활수준의 향상과 함께 의류에 대한 인식도 변화되고 있다. 생리적 기능, 사회적 기능의 대분류로 해석하던 기존의 방식에서 탈피하여 쾌적하면서도 심미성을 추구하는 기능성 의류의 요구가 증대되고 있다¹⁾. 이러한 요구에 부응하여 다기능성 원사 또는 원단이 출시되고 있으며, 일반의류 외에도 스포츠·레저, 등산 분야에 빈번히 사용되고 있다.

기 개발 또는 개발 중인 기능성 섬유소재 중 수분을 제어하는 섬유소재는 직물, 편물 또는 부직포 등의 원단 제조기술의 발전으로 현재 비약적으로 발전되었으며, 온도를 제어하는 섬유소재는 다양한 기능성 물질의 개발로 이를 섬유에 혼입하거나 원

단에 프린트 하는 방식으로 진보되어 왔다.

기능성 소재의 예로 흡수 속건 소재, 발열 및 냉감 기능을 발현하는 온도조절 소재, 음이온이나 원적외선을 방사하는 헬스케어용 소재, 아토피 등 질병의 완화를 목적으로 하는 메디컬 소재^{2,3)} 등 다양하게 들 수 있다. 특히 건강증진에 대한 관심이 높아지면서 병원에서 치료용으로 사용되고 있는 원적외선, 그리고 음이온의 효능이 접목된 기능성 의류 개발품의 점유율이 늘어나고 있다.

인체의 피부에서 발생하는 8~14 μ m 영역의 원적외선 복사파장이 대기 창 의 7~14 μ m 파장과 일치한다는 내용에서 인류는 태양을 에너지원으로 생존해 왔다는 사실을 뒷받침 할 수 있다. 유사한 파장대의 원적외선이 체표면에 흡수되면 피부가 따뜻해지고, 공명흡수와 분자 및 원자의 공명 및 공진 운동을 통하여 체세포의 신진대사활성화를 얻을 수 있다고 볼 수 있다⁴⁾. 이 때 생체 내에서 일어나는 파

[†] Corresponding author: Hyo Suk Park (mitchan@ventexkorea.com)
Tel.: +82-70-4493-3972 Fax.: +82-2-424-3992

동에너지를 생체활성에너지(Bio Active Energy)라고 하며, 생체활성화에너지의 일종으로 분류되는 원적외선 파장이 인체에 미치는 영향에 대해서는 피부 온도 상승 및 혈관 확장, 혈액순화 촉진, 세포 활성화 등의 작용을 하여 대사기능과 노폐물 배출을 촉진시키며, 진통 작용에 효과가 있다고 선행연구에서 보고된 바 있으며⁵⁻⁷⁾, 운동 시에는 산소소비량, 피로회복, 체온 등을 유의하게 향상시키며^{8,9)}, 음이온이 체내에 흡수될 경우 세포 내 산소와 영양분을 공급하여 손상된 세포의 재생을 촉진시키는 역할을 통해 근육의 활동을 왕성하게 한다고 하였다¹⁰⁻¹²⁾.

본 연구는 30여종의 미네랄 물질이 함유되어 생체활성에너지가 방사되는 물질이 도포된 소재의 기능성에 대해 다루고자 한다. SiO₂, Mg, Al₂O₃, Na, Ca, Fe₂O₃ 등이 함유된 생체활성에너지 방사물질은 분자구조와 원자의 진동 등에 따른 고유의 에너지를 갖고 있어 신체로 에너지를 전달하고, 이 에너지는 몸 속 근육에 자극을 주며 혈액순환 개선 및 혈액 내 산소 함량을 증가시키는 작용을 하게 된다.

생체활성에너지의 효과에 대한 예비 연구로 기능성 의복 착용 전·후의 혈류량 변화, 운동 시 젖산분비량 변화를 측정하여 일반 의복 대비 차이가 있음을 확인한 바 있다. 최대산소섭취량 60%의 조건으로 운동을 실시하였을 때, 체내 산소소비량이 급격히 늘어나면서 무산소 상태가 발생하여 피로물질인 젖산의 축적비율이 높아지게 된다.

시험제품을 착용한 경우, 피험자 간 차이가 있으나 일반시료에 비하여 젖산의 상승폭이 낮게 측정되었으며, 혈류량 상승은 젖산축적이 유지되는 무산소 구간을 단축시켜 결과적으로 젖산축적을 완화시킨 결과와 관련이 있음을 선행연구의 결과를 통하여 추측할 수 있다. 시험원료로 사용된 물질의 원적외선 방사성능을 측정한 결과, 37°C 환경에서 방사율이 89.5%, 3.45×10²W/m²의 방사에너지를 방출하며, 선행연구에서 보고된 내용과 같이 원적외선이 함유된 의복을 착용하고 운동 시 또는 일상생활에서 근육의 피로도에 대한 완화효과가 있다는 가설을 세우고 실험을 진행하였다.

통제된 조건에서 진행했던 예비연구와 달리, 일상생활 또는 가벼운 운동 시 제품이 인체에 미치는 영향을 확인하고자 평소 운동을 규칙적으로 실시하지 않으며 쉽게 피로감을 느끼는 40대~60대 초반

의 중년 22명을 연구대상으로 선정하였다. 시험제품은 아웃도어용 및 일상용으로 착용할 수 있는 형태로 제작하였으며, 가벼운 운동 및 일상생활에서 착용 시 인체의 근육피로도 개선에 미치는 영향에 대하여 연구하고자 한다.

2. 실험

2.1 피험자

피험자 선정기준은 시험내용에 대한 설명을 듣고 자발적으로 동의하며, 시험기간 동안 추적 관찰이 가능한 자로 하였다. 이 중 시험의류 착용부위에 병변이 있거나 알레르기성 특이체질, 시험이 시작되는 시점으로부터 6개월 이내에 피부 박피 시술을 받은 자, 기타 사항으로 연구자의 판단으로 착용평가 진행이 곤란하다고 판단되는 경우는 제외하였다. 피험자 수는 탈락인원 10%를 고려하여 총 22명을 대상으로 하였고, 피험자를 임상시험에 등록하기 전에 각 피험자의 건강상태를 확인하여 연구에 참여할 수 있는지를 확인하였다.

본 실험에 앞서 피험자 본인 또는 보호자에게 시험에 관련된 모든 사항을 자세히 설명하고, 피험자가 동의한 내용은 문서로 기록하였다. 참여 피험자의 연령과 피부상태는 Table 1, 2와 같다.

Table 1. Characteristics of subject(age)

Age(years)	the Number of Subject	%
40-49	18	81.8
50-59	4	18.2
60-65	0	0

Table 2. Characteristics of subjects(skin type)

Skin type	the Number of Subject
Dry	6
Dry-neutral	4
Neutral	12
Neutral-oily	0
Oily	0

2.2 시험 제품

본 시험제품은 SiO₂, Mg, Al₂O₃, Na, Ca, Fe₂O₃ 등 30여 종의 천연 미네랄이 함유된 물질을 아크릴계 바인더와 적정비율로 혼합하여 원단의 한 면에 롤 프린팅 방식으로 도포하여 생체활성에너지 방사층을 형성하였다. 바이오 미네랄(Bio-Mineral)로 명명한 생체활성에너지 방사물질은 독일의 GERMACOLOR와 벤텍스(주)가 공동으로 개발하였으며, 작용원리는 분자구조와 원자진동에 의해 발생하는 고유의 에너지가 인체에서 방사되는 원적외선의 파장에 반응하여 피부를 통해 인체로 에너지를 전달하는 방식이다.

제품에 사용된 원사는 Figure 1과 같이 Polyester DTY 75d/72f, Polyurethane 30d이며, 남성용은 PET 100%, 여성용은 PET 91%, PU 9%의 조성비로 Table 3과 같이 시험복을 제작하였다. 소재의 자체 물성에 따라 가공 비율을 조절하는데, 본 시험제품의 경우 15%의 비율로 가공을 실시하였다.

2.3 원적외선 방사측정

FT-IR spectrometer를 이용하여 37℃, 파장 5~20μm의 범위에서 가공 전과 가공 후 소재의 원적외선 방사 특성을 측정하였고, 세탁회수에 따른 비교를 위하여 세탁 전과 20회 세탁 후, 50회 세탁 후의 원적외선 방사특성을 측정하였다.



Figure 1. Figures of test garments(left: male, right: female).

Table 3. Characteristics of test garments

Type	Composition(%)	Weight(g)
Male	PET 100	147
Female	PET 91/PU 9	163

2.4 실험 설계

피험자는 시험제품을 2주간 매일 꾸준히 착용하도록 하였고, 측정은 총 2회에 걸쳐 실시하였다. 1회차 방문에서는 인구학적 조사, 선정/제외 기준 검토, 병력, 피부 증상 평가, 병용치료 여부를 확인하고, 선정된 피험자의 시험제품 착용 전 근육 피로 및 통증 정도에 대한 VAS 지수 평가를 실시하였다. 2회차 방문에서는 제품사용 2주 후 근육 피로 및 통증 정도에 대한 VAS 지수 평가와 피험자 유효성 설문조사 및 제품에 대한 기호도 설문조사, 안정성 평가를 실시하였다.

2.5 측정 항목

2.5.1 근육 피로 및 통증 개선도 평가(VAS(Visual Analogue Scale) Evaluation)

피험자가 느끼는 근육 피로 및 통증의 정도를 아래와 같은 10cm선분 위에 피험자가 직접 표시하도록 하고, 그 길이를 측정하였다. 임상시험 제품 사용 전후의 근육 피로 및 통증 정도를 표시한 선분의 길이를 비교하여 근육 피로 및 통증 개선도를 Figure 2와 같이 평가하였다.



Figure 2. VAS(Visual Analogue Scale).

2.5.2 유효성(Global Assessment of Efficacy) 및 기호도 설문평가

시험제품 착용 후 피험자가 근육 뭉침 개선, 근육 피로 개선, 운동 능력 향상 효과 정도에 대하여 아주 좋음(4), 좋음(3), 보통(2), 나쁨(1), 아주 나쁨(0)의 6단계로 피험자 본인이 답하도록 하였다.

각 답변에 대한 피험자 수의 백분율을 구하여 시험 제품의 효능 여부를 판단하였다.

2.5.3 안정성 및 이상반응 평가

시험제품의 안정성은 시험기간 동안 제품을 착용한 모든 피험자를 대상으로 확인된 이상반응을 통해 평가하였다. 착용부위에 이상증상이 발생 될 경우, 즉시 보고하도록 지시하여 증상정도, 시험제품과의 연관여부를 판단하고 시험을 지속할지에 대한 여부를 결정하기로 하였다.

2.6 통계 분석

시험제품 착용 전후의 근육 피로 및 통증에 대한 VAS 지수 변화의 유의성 여부를 알아보기 위하여 통계분석프로그램인 SPSS 19.0을 사용하였고, 평균 ± 표준편차로 나타내었다. 측정값의 유의성은 정규성 검정 후 $p < 0.05$ 수준에서 모수적 검정 방법인 Paired samples t-test에 의해 검정하였다. 시험제품 착용 후의 설문조사를 통한 근육 뭉침 개선, 근육피로 개선, 운동 능력 향상 정도에 대한 주관적 유효성 평가는 각 결과 값의 누적 백분율로서 요약, 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

활동량이 많지 않고, 쉽게 피로감을 느끼는 중년 이상의 피험자 22명을 대상으로 일상생활 및 가벼운 운동 시, 생체활성에너지가 방출되는 소재로 제작된 의복을 착용한 경우 피험자의 근육피로개선 및 통증 정도변화, 기호도를 측정한 결과는 다음과 같다.

3.1 원적외선 방사특성

시험제품에 가공한 물질이 원적외선 방사체로 작용하며 인체에 미치는 영향을 효율적으로 평가하기 위하여, 인체의 체온과 유사한 37°C에서 원적외선 방사성능을 Table 4에 측정하였다. 가공 전 소재는 0.840, 가공시료는 0.895의 방사율을 보이는데, 원적외선 방출량이 많은 순수 게르마늄의 경우 0.892를 보인다고 보고한 연구결과¹³⁾를 참고할 때 높은 방사율을 보였다고 할 수 있다. 세탁회수에 따른 기능의 내구성 평가를 위하여 20회, 50회 세탁 후 방사성능을 측정한 결과 방사율은 거의 변동이 없어, 세탁 후에도 생체활성에너지 방사가 유지될 수 있다고 볼 수 있다.

Table 4. Far-infrared radiation characteristics of fabric

Status	Emissivity (5~20 μ m)	Emission Power (W/m ² · μ m, 37°C)
Untreated	0.840	3.38×10 ²
Treated	0.895	3.45×10 ²
20times washing	0.896	3.45×10 ²
50times washing	0.894	3.60×10 ²

3.2 근육피로도 및 통증 정도 변화(VAS 평가)

시험제품 사용에 의한 근육 피로 및 통증 정도의 변화를 확인하기 위하여 방문주차 별 근육 피로 및 통증 정도를 평가하였다. 피로감을 느끼는 부위에 대한 구분을 짓지 않고 착용부위 전반에 걸친 변화를 기재하도록 하였다.

VAS지수는 시험제품 사용 전 54.41 ± 17.53, 사용 2주 후에 33.46 ± 20.99로, 시험제품 사용 후 근육피로 및 통증에 대한 VAS 지수가 약 35.13% 감소하였음을 Figure 3과 같이 알 수 있었다.

근육 피로 및 통증 정도의 변화를 더 명확하게 알기 위하여 시험제품 사용 전후의 평균 차에 대하여 통계적 방법으로 유의성 여부를 검정하였다. 정규성 검정에 따라 모수적 검정인 Paired sample's T-test에 의하여 검정을 실시한 결과, $p < 0.05$ 로 사용 전과 비교하여 2주 후에서 통계적으로 유의한 차이가 있음을 Table 5에 확인하였다.

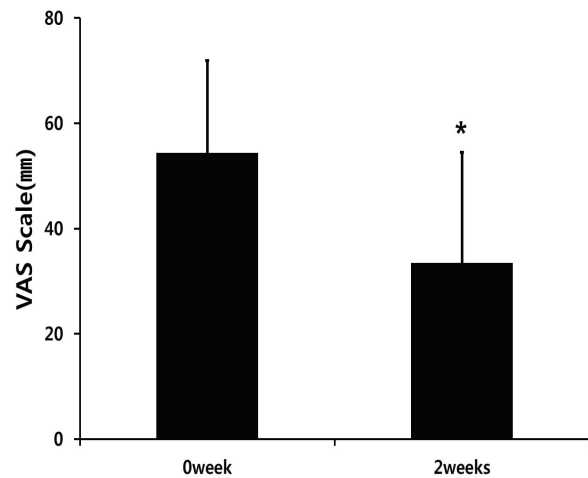


Figure 3. VAS evaluation results.

Table 5. The evaluation results of muscle fatigue and pain improvement(mm)(Mean ± SD)

Time of visit	VAS value
0week	54.41 ± 17.53
2weeks	33.45 ± 20.99
significance probability in comparison of group	
0week to 2weeks	0.000*

*: $p < 0.05$ by Paired sample's T-test

Table 6. The results of subjective survey to effect on the test specimens(N=22)

Measuring Items	the Number of Subjects(percentage, %)					Mean	Stdev.
	4*	3*	2*	1*	0*		
Improvement in Krunkle	1 (4.5)	7 (31.8)	14 (63.6)	0	0	2.41	0.59
Improvement in Muscle Fatigue	0	15 (68.2)	7 (31.8)	0	0	2.68	0.48
Improvement in Excercise Capacity	1 (4.5)	9 (40.9)	12 (54.5)	0	0	2.50	0.60

*4: Very good, 3: Good, 2: Normal, 1: Bad, 0: Very bad

3.3 시험제품의 효능에 대한 피험자의 주관적 설문조사 결과

2차 유효성 평가로 시험제품 착용 후 근육 뭉침 개선, 근육 피로 개선, 운동 능력 향상 정도에 관하여 설문조사를 실시하였고, 결과 값의 평균, 표준편차 및 각 답변에 대한 피험자 수의 백분율을 Table 6에 구하였다.

통증완화에 대한 VAS평가 결과와 마찬가지로 피험자들은 각 항목에서 보통 이상의 긍정적인 답변을 하였다. 이는 원적외선 방사작용에 의하여 혈류개선 및 세포활성화, 피로회복 등에 효과가 있다는 선행연구의 내용이 뒷받침되는 결과로 사료된다.

3.4 시험제품에 대한 기호도 설문조사 결과

의류제품에 대한 기호도 조사는 일반적으로 디자인, 색상, 착용감, 품질(내구성, 견뢰도 등) 등의 항목으로 구성하여 소비자의 구매의사를 확인하고 있다.

본 시험제품은 성별로 동일 색상, 동일 디자인의 제품을 지급하여 평가를 진행하였으므로 착용감, 활동성, 편의성의 세 항목에 대하여 피험자가 느끼는 기호도를 조사하였다. 조사결과는 각 항목별 답변의 평균과 표준편차로 Table 7에 표시하였다.

시험제품의 기호도 설문평가 결과, 피험자 100%

가 모든 항목에서 보통 이상의 답을 하였으며, 이를 통해 피험자가 제품에 대한 긍정적인 기호도를 가지고 있는 것으로 확인되었다.

4. 결 론

SiO₂, Mg, Al₂O₃, Na, Ca, Fe₂O₃ 등 30여 종의 미네랄이 함유된 물질을 바인더와 혼합하여 롤 프린팅 방식으로 가공하였을 때, 인체에서 방출되는 원적외선과 반응하여 생체활성에너지를 방사시키는 제품의 기능성을 고찰하기 위하여 40~65세의 성인을 대상으로 2주간 착용평가를 실시하였다. 피험자에게 시험의복의 사용 용도를 한정시키지 않고 일상생활이나 가벼운 운동 시 자유롭게 착용하도록 유도하여 시험제품의 착용 전·후 비교를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 생체활성에너지 방사물질을 가공 시, 순수 게르마늄의 원적외선방사율과 유사한 좋은 방사특성을 보였으며, 세탁 후에도 원적외선 방사율이 유지되어 착용 시 효과의 지속성을 기대할 수 있다.
2. 시험제품을 착용한 후 피험자의 근육피로 및 통증에 대한 VAS 평가 지수는 제품 착용 전과 비교할 때 2주 후 통계적으로 유의성 있게 감소하였다.

Table 7. The results of preference investigation to the test specimens(N=22)

Sample	Preference Investigation(Mean ± SD)		
	Wear Comfort	Activity	Convenience
Test garment	3.64 ± 0.49	3.45 ± 0.67	3.27 ± 0.83

3. 시험제품에 대한 유효성 설문평가는 근육 뭉침 개선, 근육 피로 개선, 운동 능력 향상 정도 항목으로 진행하였으며, 피험자의 100%가 모든 항목에서 보통 이상의 긍정적인 답변을 하였다.
4. 시험제품에 대한 기호도는 착용감, 활동성, 편의성의 3개 항목에 대하여 조사하였으며, 피험자의 100%가 3가지 항목 모두 보통 이상으로 평가한 것으로 보아 제품에 대하여 긍정적인 기호도를 갖고 있는 것으로 확인되었다.
5. 22명의 피험자가 본 제품을 2주간 사용하는 동안 이상반응에 대한 보고는 전혀 없었으며, 피부과 전문의에 의한 이학적 검사 상으로도 홍반, 발진 및 소양가 등 피부 이상소견은 관찰되지 않았다.

이상과 같은 결과로부터 생체활성에너지가 방사되는 물질이 도포된 소재로 제작된 시험제품은 근육 뭉침 개선 및 피로도 개선에 대하여 긍정적인 효과가 있는 것으로 사료되나, 대조군과의 비교가 없어 객관성 확보에 제한점이 있었다. 후속연구로 대조군에 대한 비교실험 및 피험자의 연령대를 확대하여 실험을 진행한다면, 보다 객관적인 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. S. C. Kang, K. R. Cho and J. J. Jang, "Clothing Comfort, 6th ed.", Hyungseul, Seoul, pp.17-21, 2001.
2. J. S. Lee and G. E. Jeong, A Study on Natural Dye Having the Effects on the Atopic Dermatitis (Part I), *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **24**(3), 189(2012).
3. J. S. Lee and H. J. Woo, A Study on Natural Dye Having the Effects on the Atopic Dermatitis(Part II), *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **24**(3), 196(2012).
4. W. H. Baek, Optimal Hyperthermic Effect of Spectral Characteristic of Far-infrared Radiation Ceramic, *The Society of Fashion and Textile Industry*, **3**(3), 195(2001).
5. S. G. Kang, A Study of Physiological Influences caused by Hyperthermic Effect of Far-infrared Radiation on Human Body, M.S. Thesis, Chonbuk National University, 2003.
6. W. K. Kim, A Study of Influences Caused by Far Infrared and Anion on Human Body, Ph.D. Thesis, Wonkwang University, 2004.
7. S. Inoue and M. Kabaya, Biological Activities caused by Far-infrared Radiation, *International J. of Biometeorology*, **33**(3), 145(1989).
8. N. H. Yeo, The Effect of Far Infrared Radiation Sportswear on Isokinetic Shoulder Muscle Strength, *The Korean J. of Education*, **40**(1), 318(2001).
9. N. H. Yeo and J. H. Lee, The Effect of Far Infrared Radiation Sportswear on Cardiopulmonary, Blood Lactate, and Excess Postexercise Oxygen consumption during Maximal Exercise in College male Students, *The Korean J. of Physical Education*, **39**(4), 546(2000).
10. J. Niels, Ions in Mr. Static, *Compliance Engineering*, **16**(3), 24(1999).
11. J. Niels, Neutralization of Static Charges by Air Ions: Part I, Theory in Mr. Static, *Compliance Engineering*, **19**(2), 28(2002a).
12. J. Niels, Neutralization of Static Charges by Air Ions: Part II, Experimental Results in Mr. Static, *Compliance Engineering*, **19**(4), 22(2002b).
13. H. K. Lee and K. M. Lee, Far Infrared Radiation Characteristics of Germanium Compounds, *J. of The Korean Industrial and Engineering Chemistry*, **17**(6), 600(2006).