

원적외선 방사물질 첨가 섬유재로 만든 스포츠용품의 체육과학적 기능 분석

체육과학연구원 스포츠산업연구실 실장,
최 규 정

1. 서론

포조란은 기원전 200년전 백악기 시대의 화성암으로 이탈리아 포조리라는 마을에서 처음 발견된 희귀한 원석으로 세계에서 5개국(한국, 이탈리아, 인도, 말레이시아, 미국)에서만 생산되며, 이 가운데 한국의 원석이 매우 우수하다고 한다. 특히 포조란은 각종 유기물과 미네랄이 풍부하고, 원적외선 방사율이 높다고 한다(대창세라키토, 1999). 이와 같은 효과는 국가공인시험·검사기관에서 실시한 항균성, 피부자극 등의 시험 결과와 정부지정 섬유제품 품질검사기관에서 실시한 항균 및 탈취시험 결과, 일본 피부위생학 연구실에서 실시한 혈류량과 피부온도 측정 결과에서 입증된 바 있다.

국내 M사에서는 바닷게나 새우껍질에서 추출한 천연 항균 고분자인 키토산(chitosan)과 원적외선 방사선 분체인 포조란(천연금속화합물)을 주성분으로 건강과 위생 효과가 있는 섬유 제품을 개발하였다. 키토산은 항균성, 방취성이 있고, 포조란은 원적외선에 의한 온열효과 등, 위에서 언급한 효과가 있기 때문에 건강과 위생에 관련하여 많은 장점이 있다고 한다.

원적외선이 인체에 흡수되면 인체 조직 내의 물분자를 진동시키고 이러한 현상은 세포조직을 진동시킴으로써 피하층의 온도를 상승시키고 혈관의 확장, 혈액순환 촉진, 세포의 활성화, 효소생성 촉진 등의 작용을 하며, 더불어 발한과 대사 기능 촉진, 체내 노폐물 배출, 진통작용 등의 건강과 관련된 효과는 과학적으로 뒷받침되고 있다(안필자 등, 1997; 장보현 등, 1998; 한국기계연구소, 1989; 박영순, 1998, 1989; 이승우, 1998). 그러나 이러한 효과가 스포츠 분야에서 경기력 향상과 관련하여 운동기능을 향상시킨다는 연구 결과는 아직 없는 것으로 사료된다. 이러한 운동기능에 대한 효과가 과학적으로 규명된다면 선수들의 경기력 향상에 많은 도움이

될 것으로 사료되는 바, 연구의 필요성이 높다고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 천연금속산화물인 포조란-키토산 첨가 섬유재로 만든 스포츠용품의 물성을 분석하고 운동 기능에 미치는 효과를 분석·평가하여 그 활용성을 높이고자 하는 것이다.

원적외선이 대사 기능 촉진, 체내 노폐물 배출, 진통작용 등의 건강 효과뿐만 아니라 운동기능 향상에 관련된 효과가 과학적으로 뒷받침되면 양말, 팬티, 내의 등의 일반 용품과 시트, 침구류 등의 건강 상품은 물론, 선수들의 수영복, 운동복, 운동화, 체반 스포츠용품에 이 재료를 광범위하게 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 그리고 이러한 연구의 활용은 운동 선수들의 경기력 향상뿐만 아니라 일반인들의 건강 증진에도 도움을 줄 수 있을 것으로 기대되며, 산·연 협동연구로 수행함으로써 스포츠산업 발전에도 기여할 것으로 사료된다.

II. 연구 방법

1. 검사 내용

1.1 물성 검사

포조란-키토산 첨가 섬유재로 만든 용품(이하 포조란-키토산 용품이라한다)이 갖는 고유한 물리적 특성(물성) 가운데 원적외선 특성을 파악하고, 다른 원적외선 함유 물질과 함께 원적외선 방사율, 원적외선 방사 에너지, 방취율(또는 소취율), 항균율을 검사·비교하였다.

1.2 일반 체력 검사

운동 기능학적 효능을 알아보기 위하여 체력 요인 가운데 근력, 유연성, 심폐지구력 요인을 검사하였으며, 순발력이나 민첩성 및 평형성 요인 등은 검사하지 않았다. 근력 요인은 좌우 구분 없이 피험자가 더 많은 힘을 발휘할 수 있는 쪽(듣는 쪽)의 악력, 배근력, 각신근력을 측정하였으며, 유연성은 앉아윗몸앞으로굽히기 방법을 사용하였다.

1.3 운동부하 검사

포조란-키토산 스포츠용품의 중·단기적 사용에 따른 효능을 분석하기 위하여 운동 강도 변화에 따른 산소섭취량, 최대 심박수, 단위시간당 산소이용률을 정밀 검사하였다. 아울러 운동 강도에 따른 피로도와 운동 후 피로 회복 능력을 분석하기 위하여 혈중 젖산 농도를 측정하였다.

1.4 피부온도 검사

포조란-키토산 스포츠용품의 가열효과를 측정하기 위하여 발바닥과 과골(복숭아뼈) 부위의 피부온도를 측정하였다.

1.5 설문 조사

포조란-키토산 스포츠용품의 방취 효과를 일반 가정에서 조사하기 위하여 포조란과 키토산이 코팅된 섬유재를 냉장고에 넣고 사용케 한 다음 설문 조사하였다.

(표 2.1) 실험 및 검사 내용

실험 및 검사내용	검사 항목	검사 방법
물성 검사	원적외선 방사율	40° C에서 흑체 대비
	원적외선 방사 에너지	40° C에서 흑체 대비
	방취율(소취율)	가스검지관법
	항균율	Shake Flask Test
일반 체력 측정	근력 요인	악력, 배근력, 각신근력
	유연성 요인	앉아윗몸앞으로굽히기
전문 체력 측정	운동부하 검사	호흡가스 분석
피부온도 검사		발바닥, 과골 부위
설문 조사	방취성	

2. 연구 방법

2.1 물성 검사

원적외선 방사율과 방사 에너지 검사

포조란-키토산 첨가재를 천에 도포하여 FT-IR Spectrometer를 이용하여 40°C에서 원적외선 방사율과 원적외선 방사 에너지를 측정하였다. 그리고 원적외선 방사물질인 황토와 참숯도 같은 방법으로 측정하여 결과는 흑체(black body)를 기준으로 대비하여 제시하였다.

방취율 검사

가스검지관법을 이용하여 0, 30, 60, 90, 120분이 지난 시점에서 방취율을 측정하였다. 시료는 앞서 언급한 방법과 같으며, 그 크기는 가로와 세로가 각각 10 cm이었다. 주입된 암모니아 수용액의 양은 1 μ l, 시험에 사용된 용기의 부피는 500 ml이었다.

항균율 검사

Shake Flask Test 방법을 이용하여 균이 감소하는 비율을 측정하였다. 시험에 사용된 균은 Staphylococcus aureus ATCC 6538 이었다. 시험에 사용된 균의 시료량은 2g이고, 진탕 시간은 18 시간이었다.

2.2 일반 체력 검사

한국체육과학연구원에서 국가대표선수들을 대상으로 측정하는 방법과 동일하게 실시하였고, 피험자는 35~45 세 사이의 성인 남자 12명의 실험군(experimental group)과 12명의 통제군(control group)으로서 본 연구에 자발적으로 참여하였으며, 일반 사무직 근로자를 대상으로 하였다 (표 2.2 참조). 두 그룹을 대상으로 사전, 사후 2회 실시하였으며, 처음 측정은 평일 오후에 측정하였고, 두 번째 측정은 1주일 후, 비슷한 시각에 측정하였다.

(표 2.2) 피험자 특성

피험자	연 령	신 장	체 중
실험군	40.5±3.28	171.5±5.20	68.3±5.28
통제군	40.1±3.01	170.9±4.88	67.7±5.01

근력 측정

근력은 체력 요인 가운데 가장 중요한 것으로서, 운동 기능적 변화 분석에서 반드시 포함해야 한다고 할 수 있다. 인체 활동에 자주 사용되는 커다란 근육을 측정하는 것이 바람직 한 것으로 사료된 바, 상지의 악력, 동체 부위의 배근력, 하지의 각신근력을 측정하였다.

악력계 (Digital Grip Dynamometer; Takei 0-100 kgf), 배근력계 (Digital Back Muscle Dynamometer; Takei 0-300kgw)와 종합근력측정기 (Versatile Muscular Power Measuring Device, Takei社 Model 1281)를 이용하여 악력, 배근력, 각신근력을 측정하고 10분 동안 휴식을 취한 후, 동일한 방법으로 다시 측정하여 높은 값을 채택하였다. 1주일이 지난 2차 측정에서는 포조란-키토산 스포츠용품을 손목과 전완(악력 측정 시), 허리(배근력 측정 시), 무릎과 발목(각신근력 측정 시)에 2시간 동안 감싼 다음 1차와 같은 방법으로 측정하였다. 통제군도 동일한 방법으로 실시하되, 가짜 용품(placebo)을 착용하였다.

유연성 측정

체전굴계 (Yagami, WL-35)를 이용하여 두 다리를 곧게 펴고 앉은 자세에서 상체를 구부려 전방으로 최대로 두 팔을 뻗는 거리를 측정하였다. 이 때 무릎을 구부리거나 허리의 반동을 이용하는 동작은 취하지 못하게 하였다. 다른 내용은 근력과 동일하게 하였다.

2.3 운동부하검사

포조란-키토산 용품 사용에 따른 유산소성 운동 능력의 변화를 측정하기 위하여 트레드밀, 호흡가스분석기, 젖산분석기를 이용하여 운동부하검사를 실시하였다.

운동부하검사에 포함된 검사 항목은 분당 심박수, 산소섭취량, 혈중 젖산 농도, 에너지 소모량 등이었다. 그리고 검사에 참여한 피험자는 실험군과 통제군 모두 35~45세 사이의 남자 사무직 근로자 각각 5명이었다.

운동부하검사는 사전 검사와 2차의 사후 검사 (3일 후, 7일 후)를 실시하였으며, 거의 동일한 시각에 온·습도를 일정하게 유지하면서 실시하였다. 실험군에게 사용한 포조란-키토산 용품은 팬티, T-셔츠, 양말 등의 언더 웨어와 트레이닝복, 그리고 잘 때 요와 이불이었다.

우선 안정 상태에서 심박수와 젖산 농도를 측정하였다. 트레드밀을 이용하여 6%의 고정된 경사도에서 90, 110, 130 m/min의 속도로 각각 2분씩 가동한 다음, 150 m/min로 5분 동안 가동하여, 걷기와 달리기를 점차적으로 빠르게 하여 총 11분 동안 실시하였다. 분당 심박수, 산소섭취량 등 생리적 변인은 20초 간격으로 호흡가스분석기를 이용하여 측정하였고, 혈중 젖산 농도는 안정상태에서 측정하고, 운동을 시작한 후 1분 30초, 3분, 4분 30초, 7분, 9분 30초, 14분 30초 시점에서 각각 손가락 끝 부위 모세혈관에서 혈액을 채취하여 젖산분석기로 측정하였다.

2.4 피부온도 검사

온도 측정을 실시한 곳은 엄지발가락 기저부와 과골(복숭아뼈) 아래 부위였다. 피부온도는 외부 온도에 의하여 많은 영향을 받으므로 실내 온도를 20°C로 유지하면서 측정하였다. 피험자를 15분 동안 베드에 누워 있게 한 다음 2 부위에 센서를 부착하고 측정하였다. 왼발에는 포조란-키토산 첨가제로 만든 양말을 착용시켰고, 오른발에는 동일한 천으로 만든 양말이지만 첨가제가 없는 위조 양말(placebo)을 착용시켰다. 온도 측정은 써모메터를 이용하는 디지털 온도계(GRAM Mini Thermister Logger LT-8)를 이용하였다.

2.5 설문 조사

설문 조사에 사용된 시편은 포조란-키토산 함유재를 20 × 30 cm 크기의 부직포에 코팅하여 제작한 것이었다. 이를 3-4 매씩 냉장고의 냉장실에 넣고 사용한 다음,

방취 효과를 주관적으로 대담케 하여 조사하였다. 본 조사에 참여한 대상은 서울과 경기 지방에 거주하는 일반 가정 주부 50명이었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 물성 검사

1.1 원적외선 방사율과 방사에너지

5~20 μm 파장 범위와 40°C에서 측정한 방사율과 방사에너지는 원적외선을 이용한 건강 상품의 대표적인 재료인 황토와 참숯의 결과와 비교해 볼 때, (표 3.1)에서 보는 바와 같이 포조란-키토산 시편의 원적외선 효과가 상대적으로 우수함을 알 수 있었다.

(표 3.1) 원적외선 방사율과 방사에너지

물 질	방사율(5-20 μm)	방사에너지(W/m ²)
포조란-키토산	0.905	365
황토(mud)	0.881	355
참숯	0.876	353

1.2 방취율

가스검지관법으로 방취율을 측정하여 (표 3.2)와 같은 결과를 얻었다. 이러한 결과를 서로 비교해 볼 때, 포조란-키토산의 시료의 방취성이 매우 우수한 것을 알 수 있었다.

(표 3.2) 원적외선 방사물질의 방취율

시험시간(분)	Blank 농도 (ppm)	키토산 농도 (ppm)	방취율(%)		
			포조란	황토	참숯
처음	490	-	-	-	-
30분 후	480	80	83.3	25.0	27.0
60분 후	470	60	87.2	28.0	30.0
90분 후	460	50	89.1	30.0	33.0
120분 후	450	30	93.3	36.0	38.0

1.3 항균성

병원성 세균이 감소하는 비율을 측정한 바, 포조란-키토산 시료의 균 감소율이 99.9%로 매우 우수하게 나타났다. 이러한 결과는 항균성이 뛰어나다는 황토의 균 감소율 20.3%, 참숯의 균 감소율 18.5%와 비교할 때, 포조란-키토산 시료의 항균성이 상대적으로 매우 우수한 것임을 알 수 있었다.

포조란은 학술적으로는 경석류(pumicite)에 속하는데, 8% 이상의 유기물질을 함유하고 있으며, 미네랄이 풍부하여 혈액 순환을 촉진시키고 신진대사를 활성화시키는 외에 항균 및 해독 효과가 있는 것으로 알려지고 있다. 본 연구에 사용된 포조란-키토산 용품도 키토산의 뛰어난 항균성과 포조란의 항균 및 해독 효과가 합하여 나타난 결과로 사료된다. 실험 과정에서 운동 후 땀에 젖은 운동복을 1주일 동안 가방에 넣어 두었다가 다시 사용해도 곰팡이가 끼지 않고, 쉰 냄새도 나지 않은 실제 사례가 있어 뛰어난 항균성과 방취성을 입증하기도 하였다.

2. 일반 체력 측정

포조란-키토산 용품을 사용한 체력 증가 효과를 (표 3.3)에 정리하였다. 1차는 평상시 체력 수준을 측정한 값이며, 2차는 포조란-키토산 용품을 2시간 동안 착용한 다음 측정한 것을 의미한다. 여기서 나타난 증가율은 피험자가 지속적으로 체력이 향상됨을 의미하는 것이 아니고, 포조란-키토산 용품을 사용한 일시적인 효과들

의미하는 것이다. (표 3.3)에서 보는 바와 같이 유연성이 30.7% 향상되어 가장 높은 증가율을 보였으며, 각신근력, 악력, 배근력 순으로 증가하였고, 이러한 증가율의 절대치가 비교적 높은 것을 알 수 있었다.

체력 증가 효과의 통계적 유의성을 알아보기 위하여 통제군에게도 포조란-키토산 가짜 섭취제(placebo)를 2시간 착용하고 측정하여 1차와 비슷한 값을 얻었으며, 증가율이 모두 낮게 나타났다. 포조란-키토산 용품을 사용하여 증가한 결과와 통계적으로 검증한 결과, 본 연구에서 측정한 모든 체력 요인에서 유의한($p < 0.05$) 증가율을 보인 것으로 분석되었다. 따라서 포조란-키토산 용품을 사용할 경우 그 메카니즘은 알 수 없지만, 체력이 일시적으로 향상되는 것을 알 수 있다. 일반적으로 운동을 하지 않던 사람이 근육을 동원하여 힘을 발휘하는 경우, 운동신경계의 적응을 통하여 일시적으로 근력 향상 현상을 보이지만, 본 연구 결과처럼 유의할만한 수준은 아니며, 따라서 본 연구 결과에서 보인 체력 향상 현상은 포조란-키토산 용품 사용에 따른 효과가 있을 것으로 예측할 수 있는 것으로 사료된다.

(표 3.3) 체력 요인별 증가율

체력 요인		1차(A)	2차(B)	B-A	증가율(%)
악력(kg)	실험군	52.8±6.71	57.7±5.96	4.9±2.51	9.6±5.69
	통제군	52.0±5.45	52.5±4.95	0.5±1.88	1.0±3.67
배근력(kg)	실험군	138.1±22.4	147.8±22.98	9.7±5.89	7.2±4.33
	통제군	139.3±18.55	141.1±16.46	1.8±4.32	1.3±3.25
각신근력(kg)	실험군	56.0±11.39	62.1±9.36	6.1±3.23	12.3±8.64
	통제군	55.7±8.76	56.3±8.44	0.6±2.71	1.1±6.62
유연성(cm)	실험군	5.7±8.18	8.9±8.58	3.2±1.08	30.7±8.99
	통제군	6.1±7.12	6.4±6.84	0.3±0.94	4.9±6.73

근력 측정 결과에 대한 신뢰도를 높이기 위하여 더 많은 측정 사례가 요구되지만, 과학적인 운동 프로그램이나 처방을 통한 일반적인 체력 향상 사례 - 예를들면 김연

등(1996)이 중년 남성을 대상으로 씨킷 웨이트 트레이닝 효과를 분석하기 위하여 8주간 훈련을 실시한 결과, 40대 남성의 악력이 8.6%의 증가를 보였다고 보고한 것과, 손원일(1998)이 성인 남성을 대상으로 규칙적인 운동이 체력 향상에 미치는 영향을 연구한 논문에서 6주 경과 후 악력이 2.5% 증가한 결과 -와 비교해볼 때 포조란-키토산 스포츠용품이 갖는 악력 향상율이 높아 체력 향상 효과를 부분적으로 확인할 수 있는 것이라 사료된다.

김연 등 (1996)이 연구한 중년 남성의 유연성 (체전굴 및 체후굴)은 8주의 씨킷 웨이트 트레이닝 후 40대 남성이 각각 20.2%, 5.6%이었다. 그리고 손원일(1998)은 성인 남성을 대상으로 6주간의 규칙적인 운동을 통하여 앞아랫몸앞으로굽히기 능력이 거의 증가하지 않았다고 보고하였다. 이러한 결과와 비교하면 본 연구에 사용된 포조란-키토산 용품의 유연성 증가 효과는 매우 우수한 것으로 해석될 수 있다.

3. 운동부하 검사

3.1 산소섭취량 변화

운동중의 산소섭취량은 호흡가스분석기를 이용하여 측정하였고, 각 단계 (트레드밀의 속도 변화구간을 의미한다)에서의 산소섭취량은 각 단계의 마지막 1분(20초 간격으로 측정하였기 때문에 3회의 측정치를 의미한다)의 측정치를 평균하여 (표 3.4)와 같은 결과를 얻었다.

포조란-키토산 용품을 사용하기 전과 후에 운동 부하를 동일하게 통제하면서 산소섭취량을 측정하여 비교하였다. 그 결과 1명을 제외한 나머지 4명은 포조란-키토산 첨가 용품을 사용하기 전에 비하여 사용 후에 산소섭취량이 감소하는 경향을 보여 운동에 대한 적응과 컨디션 상승의 효과를 보였다. 이러한 향상 효과는 3일과 1주가 지난 시점에서 측정한 결과가 거의 일관되게 나타남으로써, 포조란-키토산 용품의 사용에 따른 유산소성 운동 능력의 향상을 개략적으로 증명하는 것으로 사료된다. 반면에 3번의 피험자는 1차 사후검사에서 산소섭취량이 약간 감소하는 경향을 보였으나, 2차 사후 검사에서는 오히려 약간 증가하는 현상을 보여 다른 요인(예를들면 수면 부족 등의 컨디션 저하 또는 측정상의 오차)이

개제되었을 가능성이 있는 것으로 해석되었다.

(표 3.4) 산소섭취량 변화 (단위 : l/min)

피검자		운동 부하 (m/min)				
		90	110	130	150(2분)	150(5분)
1	사전	1.75	2.24	2.84	2.96	3.03
	사후1	1.52	2.01	2.56	2.75	2.84
	사후2	1.34	1.83	2.25	2.49	2.52
2	사전	1.50	1.88	2.25	2.49	2.60
	사후1	1.16	1.68	2.06	2.27	2.50
	사후2	1.23	1.66	2.01	2.25	2.48
3	사전	1.46	1.96	2.58	2.91	3.25
	사후1	1.43	1.84	2.50	2.79	3.16
	사후2	1.55	2.09	2.62	3.19	3.51
4	사전	1.32	1.80	2.29	2.62	2.91
	사후1	1.25	1.62	2.02	2.40	2.70
	사후2	1.18	1.51	1.89	2.27	2.57
5	사전	1.52	1.83	2.19	2.50	2.77
	사후1	1.41	1.66	2.01	2.29	2.53
	사후2	1.37	1.61	1.97	2.20	2.38

3.2 심박수 변화

산소섭취량과 마찬가지로 자동 호흡가스분석기를 이용하여 마지막 1분(3회)의 심박수 평균을 구하여 (표 3.5)와 같은 결과를 얻었다. 심박수는 운동강도가 증가함에 따라 비례하여 증가한다. 운동부하가 증가하면 에너지 소비도 증가하고, 에너지 소비의 증가에 따른 에너지 생산의 요구도 증가하게 된다. 장시간 운동의 경우 에너지 생산은 주로 유산소 대사에 의존하기 때문에 에너지 대사가 증가하면 심폐계를 통한 산소의 수송과 공급이 필수적이며, 이러한 에너지 요구에 비례하여 심박수가 증가하게 된다. 결과적으로 심박수는 운동강도에 따른 에너지 요구에 비례하여 증가하므로 운동 강도의 기준으로 이용되기도 한다.

이 외에도 심박수는 순환기능(심폐지구력)의 발달 정도나 체온의 증가에 의하여 영향을 받기도 한다. 순환기 기능이 우수한 사람의 경우에는 1회 박출량이 크기

때문에 낮은 심박수로도 산소 수송을 위한 혈액 순환량을 충족시킬 수 있게 되며, 이로 인해 같은 운동 부하에서 더 낮은 심박수를 나타낸다. 그리고 체온이 증가하면 체열 방산을 위한 피부순환 증가와 정맥혈 환류의 감소 등으로 심박수가 증가될 수도 있다. 동일한 운동 부하를 주었을 때, 심박수 반응에 차이가 나는 것은 근육 조직의 모세혈관 확장, 정맥혈의 환류 증가, 적혈구의 양적 및 기능적 개선 등 순환계통의 기능 개선에 기인할 수 있다.

본 실험 결과에 의하면 5명 모두 포조란-키토산 첨가 스포츠용품 사용 전보다 후에 심박수의 현저한 감소를 보였다. 이러한 결과는 장기간 트레이닝에 의한 효과가 아니며, 조직이나 세포 수준의 검사를 실시하지 않았기 때문에 그 원인을 정확히 진단하기는 어렵다고 사료되지만, 포조란-키토산 용품 사용에 의한 순환계 기능의 개선 효과로 해석할 수 있는 것으로 사료된다

(표 3.5) 심박수 변화 (단위 : 회/분)

피검자		운동 부하(m/min)				
		90	110	130	150(2분)	150(5분)
1	사전	113	140	164	175	180
	사후1	108	124	152	166	174
	사후2	100	118	146	159	169
2	사전	136	160	173	185	195
	사후1	123	148	164	173	185
	사후2	121	145	162	172	181
3	사전	109	125	156	168	182
	사후1	105	123	150	165	186
	사후2	100	120	148	161	182
4	사전	116	142	162	176	184
	사후1	112	128	151	165	175
	사후2	106	119	145	157	168
5	사전	130	155	169	176	186
	사후1	125	143	161	170	181
	사후2	120	138	157	165	174

3.3 혈중 젖산 농도 변화

혈중 젖산 농도는 운동강도, 체력상태, 운동시간, 음식 등의 요인에 의하여 영향을 받는다. 젖산은 운동강도가 증가하여 에너지 요구가 증가하면, 산소가 부족한 상태에서 근육이 에너지를 생산하는 과정에서 생성된다. 갑자기 운동을 증가시키면 초기에 산소 공급이 부족하여 젖산이 많이 생성되고, 산소의 공급이 충분해지면서 젖산의 생성이 감소된다. 따라서 어떤 운동이든지 초기에는 혈중에 젖산의 농도가 높아지며, 약한 운동일 경우 시간이 경과함에 따라 감소된다. 그러나 운동의 강도가 아주 높아서 시간이 경과되어도 충분한 산소를 공급하지 못하면, 근육에서 젖산은 계속 생성되고, 혈액 중의 젖산 농도는 증가하게 된다.

본 실험에서는 피험자 5명 모두 130m/min 이상의 비교적 높은 운동강도에서 포조란-키토산 용품 사용 전보다 사용 후에 혈중 젖산 농도가 현저히 낮은 것으로 나타났다. 이는 기간 상으로 볼 때 운동에 의한 훈련 효과나 운동에 대한 적응 효과로 보기 어렵고, 실험 시각을 식사후 2시간 이후로 하였기 때문에 식사의 영향으로 보기도 어렵다. 따라서 포조란-키토산 용품 사용에 의한 순환기 계통의 기능 개선을 반증하는 것으로 사료되며, 그 결과 근육에 산소공급을 원활하게 하는데 기여한 것으로 해석할 수 있다.

(표 3.6) 혈중 젖산 농도 변화 (단위 : mmol/l)

피검자		운동 부하(m/min)					
		안정시	90	110	130	150(2분)	150(5분)
1	사전	1.01	2.14	1.92	2.46	4.65	6.45
	사후1	1.10	1.39	1.44	1.57	3.01	4.50
	사후2	1.10	1.39	1.45	1.51	2.95	4.16
2	사전	0.93	1.19	2.36	3.29	5.62	6.68
	사후1	0.91	1.17	1.59	2.57	5.00	5.71
	사후2	0.83	0.90	1.40	2.22	4.24	4.20
3	사전	1.37	1.95	1.37	1.90	3.13	6.83
	사후1	0.74	1.13	2.22	2.25	3.06	5.71
	사후2	1.01	1.13	1.09	1.76	2.98	4.20
4	사전	1.48	1.57	2.84	4.95	5.74	7.04
	사후1	1.41	1.49	2.70	4.69	5.46	6.45
	사후2	1.37	1.45	2.56	4.51	5.23	6.12
5	사전	1.03	1.25	2.53	3.58	5.92	7.02
	사후1	1.06	1.17	2.20	3.24	5.35	6.35
	사후2	1.10	1.02	2.11	3.01	5.21	6.16

그리고 운동 후 혈중 젖산 농도 변화 형태를 알아보기 위하여 운동을 모두 마친 다음 5분 후에 손가락 끝 부위 모세혈관의 혈액을 채취하고 젖산 농도를 측정하여 젖산 제거 능력을 분석하였다(표 3.7 참조). 3번의 피험자를 제외한 4명의 피험자는 모두 운동 종료 직전에 비해 5분 뒤에 젖산의 농도가 증가하였다. 그러나 포조란-키토산 용품을 사용한 후, 젖산 농도 증가량이 적었으며, 2차, 3차에서 혈중 젖산 농도가 점차 줄어드는 것을 보임으로써, 운동에 따른 피로 회복 능력이 개선되는 것으로 해석할 수 있었다.

(표 3.7) 운동 후 혈중 젖산 농도 (단위 : mmol/ l)

피험자	운동 종료 직전			종료 후 5분 뒤		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차
1	6.45	4.50	4.16	8.01	6.45	5.52
2	6.68	5.71	4.20	9.08	7.94	6.12
3	6.83	5.71	4.20	6.34	5.71	4.20
4	7.04	6.45	6.12	9.04	7.45	7.03
5	7.02	6.35	6.16	8.87	7.91	6.28

4. 피부온도 측정

4.1 실험 1

8명의 피험자를 대상으로 왼발에는 포조란-키토산 첨가 섬유로 만든 양말을 착용시키고 측정하였으며, 오른발에는 맨 발에 온도 측정 센서를 부착하고 왼발과 동시에 30분 동안 30초 간격으로 측정하였다. 포조란-키토산 첨가 섬유로 만든 양말을 착용한 발의 피부온도가 맨 발에 비해 평균 1.25℃(최대 2.38℃, 최소 0.56℃) 높게 나타났다. 이러한 측정 방법은 양말 자체의 보온 작용에 따른 피부온도 상승 효과로 해석할 수도 있기 때문에 포조란-키토산 첨가 섬유로 만든 양말의 효과에 의한 차이만으로 보기는 어렵다.

4.2 실험 2

왼발에는 실험 1과 같이 포조란-키토산 양말을 착용케 하고, 오른발에는 실험 1과는 달리 맨발 대신 포조란-키토산이 첨가되지 않고 동일한 섬유로 만든 양말(placebo)을 착용시키고 측정하였다. 실험 1에서 약 15분이 경과한 다음 피부온도가 하강하는 경향을 보임에 따라 가짜 양말을 신은 발의 피부온도는 15분까지 측정하여 (표 3.8)과 같은 결과를 얻었다.

(표 3.8)에서 보는 바와 같이 과골의 피부온도는 처음 측정 시 왼발과 오른발의 차이가 거의 없었다. placebo 양말을 신은 발의 과골 피부온도는 시간이 지남에 따라 점차 하강하는 경향을 보이며, 이러한 하강 현상은 모든 피험자에게서 동일하게 관찰되었으며, 평균 0.89°C 하강하였다. 그러나 포조란-키토산 양말을 신은 발의 과골 피부온도는 15분이 지난 시점에서 평균 0.45°C 증가하였다. 결과적으로 placebo 집단과 실험 집단 사이의 피부온도는 15분이 지난 시점에서 1.34°C(최저 0.3°C, 최고 1.8°C) 차이가 나는 것으로 해석할 수 있었다. 실험 1에서 포조란-키토산 양말착용 유무에 따른 피부온도 차이가 평균 1.25°C(최대 2.38°C, 최소 0.56°C)인 것을 고려하면, 실험 2에서 더 많은 차이가 확인되었으며, 양말 착용 유무에 관계없이 포조란-키토산 양말에 의한 피부온도 상승 효과가 있는 것으로 판단된다.

그리고 엄지발가락 부위의 피부온도는 placebo를 착용하고 15분이 지난 뒤, 약 0.96°C 떨어진 반면, 포조란-키토산 양말을 사용하여 0.60°C 증가하였다. 결과적으로 15분이 지난 뒤에는 평균 1.56°C(최소 0.7°C, 최고 3.0°C) 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 과골의 경우보다 온도 상승 효과가 높은 것으로 사료된다.

포조란-키토산 양말을 착용하고 15분이 더 지난 30분에는 5, 6번 2명의 피험자는 더욱 증가하였고(각각 1.3, 0.7°C 증가함), 나머지 6명의 피험자는 평균 0.33°C 감소하여 전체적으로는 15분 지난 시점의 온도와 평균적으로 같았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 포조란-키토산 양말의 보온 효과에 의하여 다른 양말을 신었을 때보다 피부온도가 상승하는 효과가 있는 것을 알 수 있으며, 이러한 효과를 이용하여 발이 찬 사람에게 건강 상품으로 활용할 가능성이 높은 것으로 사료된다.

(표 3.8) 실험 2 방법에 의한 과골 온도 변화(단위 : °C)

피험자	구분	시 간(분)						
		0	5	10	15	20	25	30
1	Placebo	31.6	31.5	31.5	31.4			
	실험 양말	31.4	31.7	31.7	31.7	31.7	31.6	31.6
2	Placebo	31.4	31.2	30.9	30.8			
	실험 양말	31.2	31.2	31.3	31.3	31.2	31.2	31.1
3	Placebo	30.4	30.4	30.0	28.9			
	실험 양말	30.4	30.5	30.6	30.5	30.3	30.2	30.3
4	Placebo	30.9	30.9	30.0	29.7			
	실험 양말	30.9	31.2	31.3	31.3	31.2	31.1	31.1
5	Placebo	30.5	30.4	30.3	29.0			
	실험 양말	30.4	30.5	30.8	30.7	30.4	30.4	30.1
6	Placebo	29.1	28.8	28.7	28.6			
	실험 양말	29.1	29.3	29.7	30.0	30.3	30.3	30.5
7	Placebo	29.9	29.5	29.4	29.1			
	실험 양말	29.8	30.0	30.2	30.3	30.1	30.1	30.2
8	Placebo	30.9	30.8	30.7	30.4			
	실험 양말	30.9	31.5	31.9	32.2	32.1	32.0	32.0

5. 설문 조사

포조란-키토산 첨가제를 20×30cm 크기의 부직포에 코팅하여 제작하고, 이를 3-4 매씩 냉장고의 냉장실에 넣어 사용하게 한 다음, 50명의 가정 주부를 대상으로 방취 효과를 주관적으로 대답케 하여 조사하였다. 본 조사 결과, 84%의 주부가 뛰어난 방취 효과를 보고하였고, 14%의 주부가 비교적 우수한 방취 효과를 보고하여, 방취 효과에 대한 긍정적 대답이 98%로 나타났다. 이러한 결과는 방취율에서 밝힌 93.3%의 수치가 이를 증명하고 있다.

IV. 결론

포조란-키토산 첨가 섬유재를 이용하여 만든 생활용품(팬티, 내의, 양말)과 스포츠용품(손목, 팔꿈치, 발목, 무릎, 허리 등 관절 보호대)을 사용하여 물성 검사, 일반 체력 검사, 운동 부하 검사, 피부 온도 등을 측정한 결과, 다음과 같은 효과를 거둘 수 있다는 결론을 얻었다 :

가. 5~20 μm 파장 범위와 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 측정된 원적외선 방사 효과가 시중에 시판되고 있는 원적외선 방사 물질을 이용한 건강 상품에 비해 우수하며(원적외선 방사율은 0.905, 방사에너지는 365 W/m 2), 방취율과 항균성은 유사한 원적외선 방사물질에 비해 매우 뛰어난 효과를 가지고 있다.

나. 포조란-키토산 용품을 사용하여 일시적이지만 근력과 유연성의 증가 효과가 유의할만한 수준에서 있으며(악력 9.6%, 배근력 7.2%, 각신근력 12.3%, 앉아윗몸앞으로굽히기 30.7%), 이러한 효과를 이용하여 경기력 향상을 위한 스포츠용품에 활용할 수 있다.

다. 포조란-키토산 용품을 사용하면 산소섭취량, 심박수, 혈중 젖산 농도 등, 유산소성 운동 능력을 향상시키는 효과가 있으며, 운동 후, 피로 회복 능력도 개선되는 효과가 있다.

라. 포조란-키토산 첨가 용품을 사용하여 피부온도가 상승하는 효과를 얻을 수 있다.

참고 문헌

- 경도여자대학 (1991). 피부혈류량과 피부온도의 측정 연구보고서.
- 김연 · 김정주 · 고인태 (1996). circuit weight training이 중년 남성의 체격 및 체력에 미치는 영향. 경희대 체육학논문집, 24권.
- 박영순 (1998). 원적외선 방사세라믹스의 생체작용 응용. 원적외선 및 원적외선 이용 기술에 관한 자료집, 월간세라믹스 자료집 I, (주)월간세라믹스 출판제작부.
- 손원일 (1998). 성인 남성의 규칙적 운동 프로그램이 신체적성에 미치는 영향. 경희대 체육과학논총.
- 안필자, 장보현, 최정화 (1997). 여름철 사무실 환경에서의 원적외선 방사직물 의복의 착용감 평가. 한국생활환경학회지, 제4권, 제4호, 77- 56.
- 안필자, 장보현, 최정화 (1998). 겨울철 사무실 환경에서의 원적외선 방사직물 의복의 착용감 평가. 한국생활환경학회지, 제5권, 제1호, 11- 20.
- 이승우 (1998). 원적외선의 건강이용. 원적외선 및 원적외선 이용기술에 관한 자료집, 월간세라믹스 자료집 I, (주)월간세라믹스 출판제작부.
- 이준근 (1998). 원적외선 방사체로서의 세라믹스. 원적외선 및 원적외선 이용기술에 관한 자료집, 월간세라믹스 자료집 I, (주)월간세라믹스 출판제작부.
- 장보현, 안필자, 최정화 (1998). 겨울철 사무실 환경에서 원적외선 방사직물 의복의 착용감 평가. 한국생활환경학회지, 제5권, 제1호, 11-20.
- (주)대창세라키토 (1999). 위생섬유가공의 성적서 및 자료집.
- 한국기계연구소 (1995). 과학기술처연구보고서 - 저온 원적외선 방사세라믹 연구.