

트레드밀 운동 후 원적외선 온열이
심혈관계에 미치는 영향 평가 시스템 구현

연세대학교 대학원
생체공학협동과정
전기전자공학전공
민 세 동

트레드밀 운동 후 원적외선 온열이
심혈관계에 미치는 영향 평가 시스템 구현

지도 이 명 호 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2003년 12월 일

연세대학교 대학원

생체공학협동과정

전기전자공학전공

민 세 동

민세동의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2003년 12월 일

감사의 글

어느 덧 대학원에 들어와서 두 번째의 겨울을 맞이하게 되었습니다. 하루하루를 새로 시작하는 마음가짐을 가지고 지내려고 노력했던 지난 2년 이었습니다. 또 새로운 길이 저에게 열렸으며, 그에 앞서 지난 2년 동안의 결실이 많은 분들의 도움이 있었기에 이렇게 나올 수 있었습니다. 우선 많이 부족한 저에게 끊임없는 기대와 격려, 때로는 충고를 아끼지 않으시며 이 논문이 나올 수 있도록 지도해 주신 이명호 지도교수님께 깊은 감사의 마음을 전해드리고 싶습니다. 아울러, 저의 논문을 위해서 많은 도움을 주신 의과대학의 서활 교수님과, 가톨릭대학교 의과대학의 최일봉 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 2년간의 대학원 생활에 있어서 많은 가르침을 주신 박상희 교수님, 박민용 교수님, 김남현 교수님, 김덕원 교수님, 유선국 교수님, 리네 윤 선생님께도 머리숙여 감사드립니다.

대학원 생활을 하면서 친형제처럼 때론 친구처럼 제 옆에서 지켜봐주시며 정신적으로나 육체적으로 많은 도움을 주신 선배님, 동기들, 그리고 후배님들이 계셨기에 오늘의 제가 있을 수 있었다고 생각합니다. 바쁜 와중에도 가끔씩 오셔서 따뜻한 격려로 항상 마음 따뜻하게 해주신 이정환 박사님, 이준영 박사님, 김정훈 박사님 그리고 이성재 선배님, 연구하는데 있어 실질적인 스킬들을 잘 알려주신 이태식 박사님, 1년 이상 동고동락하며 친구처럼 지냈던 송용수 선배, 조영빈 선배, 윤정훈 선배, 이제 각자의 새로운 길을 선택한 동기 방남석, 이충근, 앞으로도 많은 시간을 같이 보내야할 윤성원 선배, 강세구 선배, 후배라는 이유로 많은 싫은 소리를 들어야했던 장윤희, 신항식, 이병우 군, 짧은 기간이었지만 많은 도움을 준 박찬욱 학형, 이 모든 분들께 진심어린 감사의 마음을 전합니다.

10년 이상 부족한 친구를 옆에서 믿으며 지켜봐준 39회 친구들, 동희, 용준, 욱, 형동, 기택, 봉환, 성민, 진일, 지훈, 진희, 선일, 기범, 병욱, 그리고 대학교 친구들인 성재, 창일, 종현, 진택, 명훈, 현주, 승학, 하송에게도 깊은 고마움을 표시합니다. 한참 어린 동생인 저의 모든 행동을 다 받아주신 성한 형님과 현기 형님께도

머리숙여 감사의 인사를 드립니다.

항상 바쁘다는 이유로 많은 시간을 같이 하지는 못했지만 믿음과 사랑으로 항상 옆에 있어주며 큰 힘이 되어준, 곧 저의 아내가 될 성현과 이제는 처제라고 불러야 할 혜진, 또한 성현이를 잘 키워주시고 부족한 저를 믿고 지켜봐주시는 성현이 부모님과 이 작은 결실을 함께 나누고 싶습니다.

마지막으로, 30년 이라는 시간동안 부족한 저에게 내리사랑 이라는 것을 뼈속 깊이 느끼게 해주신 사랑하는 저의 아버지와 어머니, 저의 삶의 가치관 형성에 좋은 영향을 주신 이모, 이모부님, 너무나도 많이 부족한 오빠였지만 항상 저를 제일이라고 말해주는 동생 경아에게 말로는 못할 깊은 감사의 마음을 간직하며 이 논문을 바칩니다.

위에 열거는 못했지만 저에게 지혜와 용기를 알려주신 모든 분들께 다시한번 감사 드리며 이 모든 감사와 은혜를 느낄 수 있게 해주신 하나님께 끝으로 감사의 마음을 전합니다.

2003년 12월
민 세 동 올림

차 례

그림 차례	ii
표 차례	iii
국문 요약	iv
제 1장 서론	1
제 2장 원적외선 온열발생장치	3
2.1 원적외선 온열 발생장치의 구조	3
2.2 원적외선 온열 발생장치의 분광학적 특성	5
2.2.1 방사율	5
2.2.2 방사에너지	6
제 3장 평가 시스템 구현 및 실험	8
3.1 실험 대상자	8
3.2 실험 장치의 구성	8
3.3 실험 방법	9
제 4장 결과 및 고찰	12
4.1 심박동수	12
4.1.1 심박동수의 회복률 및 결과	12
4.2 혈압	18
4.2.1 수축기 혈압의 회복률 및 결과	18
4.2.2 확장기 혈압의 회복률 및 결과	24
제 5장 결론	31
참고 문헌	33
영문 요약	35

그림 차례

그림 2-1. 원적외선 온열발생장치와 원적외선 온열발생장치의 내부구조	3
그림 2-2. 원적외선 온열발생장치의 방사율	6
그림 2-3. 원적외선 온열발생장치의 방사에너지	7
그림 3-1. 생체신호 측정 및 실험 장치의 구성	9
그림 3-2. 트레드밀(Treadmill)을 이용한 운동부하 실험	10
그림 3-3. 실험 프로토콜의 블록선도	11
그림 4-1. 운동부하 후 심박동수의 회복률 비교	13
그림 4-2. 자연 회복단계에서의 심박동수의 변화	14
그림 4-3. 운동부하 회복단계에서의 심박동수의 변화(30℃)	15
그림 4-4. 운동부하 회복단계에서의 심박동수의 변화(48℃)	16
그림 4-5. 운동부하 회복단계에서의 심박동수의 변화(65℃)	17
그림 4-6. 운동부하 후 수축기 혈압의 회복률 비교	19
그림 4-7. 자연 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화	20
그림 4-8. 운동부하 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화(30℃)	21
그림 4-9. 운동부하 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화(48℃)	22
그림 4-10. 운동부하 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화(65℃)	23
그림 4-11. 운동부하 후 확장기 혈압의 회복률 비교	25
그림 4-12. 자연 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화	26
그림 4-13. 운동부하 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화(30℃)	27
그림 4-14. 운동부하 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화(48℃)	28
그림 4-15. 운동부하 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화(65℃)	29

표 차례

표 3.1 연구대상자들의 신체적 특성	8
표 4.1 자연 회복단계에서의 심박동수의 변화 및 회복률	14
표 4.2 원적외선 온열 30℃에서의 심박동수의 변화 및 회복률	15
표 4.3 원적외선 온열 48℃에서의 심박동수의 변화 및 회복률	16
표 4.4 원적외선 온열 65℃에서의 심박동수의 변화 및 회복률	17
표 4.5 자연 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률	20
표 4.6 원적외선 온열 30℃에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률	21
표 4.7 원적외선 온열 48℃에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률	22
표 4.8 원적외선 온열 65℃에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률	23
표 4.9 자연 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률	26
표 4.10 원적외선 온열 30℃에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률	27
표 4.11 원적외선 온열 48℃에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률	28
표 4.12 원적외선 온열 65℃에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률	29

국 문 요 약

트레드밀 운동 후 원적외선 온열이 심혈관계에 미치는 영향 평가 시스템 구현

원적외선은 파장이 3 μm 이상인 전자기파로, 이 중 파장이 약 8~14 μm 인 원적외선은 인체에 방사 시키면 인체에 쉽게 공명 흡수되어 온열효과를 갖는다. 이러한 원적외선은 인체의 3 Cm~5 Cm 깊이로 흡수되어 혈액순환을 촉진하고 통증을 완화하며, 신진대사를 활성화시키고 자율신경계의 기능을 조절하는 등 인체의 건강에 유익한 다양한 활동을 수행하고 있다.

따라서 본 논문에서는 트레드밀(Treadmill)과 같은 운동기구를 이용한 운동부하를 인체에 인가하였을때 원적외선 온열이 인체의 심혈관계에 미치는 영향에 대하여 고찰하기 위하여 인체에 트레드밀(Treadmill)를 이용하여 운동부하를 인가한 후, 원적외선 온열에 의한 인체 심혈관계 기능의 변화추이와 회복과정을 고찰하기 위한 평가 시스템을 구현하였다. 피실험자는 20~30대의 건강한 성인남성 8명으로 구성하였다. 먼저 트레드밀(Treadmill)를 이용하여 10분 동안 6Km의 속도로 운동부하를 주며 심전도, 혈압, 심박동수 등을 측정하였다. 그 후 피검자의 심혈관계에 가해지는 운동부하의 회복은 자연회복 과정과 원적외선 온열에 의한 회복과정으로 분리하여 고찰하였다. 원적외선 온열에 의한 회복과정은 인체에 친숙하고 사용이 편리한 원적외선 온열매트를 사용하였으며 30, 48, 65 $^{\circ}\text{C}$ 의 세가지의 온도변위를 이용하였으며 그 얻어진 결과는 다음과 같았다.

1. 심박동수의 경우 원적외선 온열에 의한 회복과정은 자연 회복과정에 비해 심박동수의 회복률 향상과 회복시간의 단축에 뚜렷한 차이를 나타내었다. 자연 회복과정에서의 심박동수의 회복률은 5분 후 74.23%인데 반해, 원적외선 온열 30 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 94.38%, 48 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 85.33%, 65 $^{\circ}\text{C}$

에서는 80.77%의 회복률을 보였고, 회복시간도 대부분의 원적외선 온열에서는 30분경과 후 안정상태의 심박동수를 회복하였으나 자연 회복과정에서는 안정상태의 심박동수를 회복하지 못하여 회복시간이 지연되었다.

2. 수축기 혈압의 경우 자연회복과정에서 5분 후 138.31%의 회복률을 보인 반면 원적외선 온열 30℃에서는 126.70%, 48℃에서는 111.45%, 65℃에서는 111.39%로 회복율 100%에 자연회복시보다 빠르게 접근하고 있는 경향을 볼 수 있었다.

3. 확장기 혈압의 경우 자연회복과정에서 5분 후 165.97%, 원적외선 온열 30℃에서 178.45%, 48℃에서 405.65%, 65℃에서 234.18%의 회복률을 보였다. 확장기 혈압에서는 30분의 회복시간 대부분의 단계에서 자연상태에서의 회복률과 원적외선 온열에 의한 회복률 모두 유의하지 않은 회복률은 얻었다.

핵심되는 말 : 원적외선, 온열효과, 심혈관계, 심전도, 혈압, 심박동수, 회복률, 평가 시스템, 트레드밀 운동

제 1 장 서 론

인간은 음식물 섭취와 호흡을 통하여 모든 에너지를 얻고 빛을 통해 외부 에너지를 이용하며 살아왔다. 즉 인류는 본능적으로 태양의 따스함을 최대한으로 이용하고, 온화하고 기분 좋고 쾌적한 온도를 선택하여 가면서 현대생활에 이르렀다. 이렇게 원적외선은 빛이라는 형태를 통해 오래전부터 인류의 생활에 많은 영향을 끼쳐 왔으며, 최근에는 건강에 대한 관심이 증가하면서 그 이용 또한 급증하고 있으나 원적외선의 생체활성 효과에 대한 과학적인 접근이 미약한 실정이다.[1][6][9][10]

파장이 8~14 μm 인 원적외선의 영역은 인체의 피부 복사 파장 및 대기 창(7~14 μm)영역과 일치한다는 사실에서 인간이 태양에너지를 최대한으로 사용하였다는 증거를 찾을 수 있으며, 인체는 대기로부터 복사되는 원적외선 에너지를 반사시키지 않고 거의 흡수한다는 것을 알 수 있다.[2][3][7][13]

인체세포에 대하여 피해를 적게 주며 저온상태에서 복사되고, 우리인체의 복사스펙트럼과 같으며, 기분 좋은 온도 감의 파장인 원적외선이 인체에 대하여 혈액순환 촉진, 신진대사의 활성화, 각종 호르몬의 분비촉진, 신경계 및 경락계의 활성화, 물분자의 활성화를 통하여 치료의학적 수단과 동시에 예방의학적 건강유지 목적에 유익하다는 것은 이미 선행 연구결과를 통해 입증되었다.[4][5][8][9][11]-[13] 심박동수는 1분간의 심장의 수축회수를 나타내며, 심장이 수축할 때마다 혈액을 박출하면서 파동을 일으키게 되는데, 맥박은 동맥의 확장(expansion)과 반동수축(recoil)이 바뀌며 일어나는 것을 의미한다. 이러한 심박동수는 별도의 훈련을 받지 않은 성인의 경우 60~80(회/분)를 나타낸다.[14]-[16]

또한 운동 후, 심박동수가 정상으로 회복함에 소요되는 시간은 운동의 강도와 피검자의 신체적 조건에 따라 다르며 운동이 과격할수록 심박동수가 정상으로 회복되는 시간이 길며, 신체적 조건이 좋으면 그만큼 빨리 회복된다.[15][16]

혈압이란 혈관내의 혈액이 혈관벽에 미치는 압력을 가리키며 동맥압(arterial pressure), 정맥압(venous pressure), 모세혈압(capillary pressure)으로 구분되지만,

보통 혈압이라고 칭하는 것은 상완(上腕) 동맥혈압을 의미하며, 이 동맥혈압은 심장의 박동에 연유하고 혈액순환의 원동력이 된다. 보통 동맥의 혈압의 변화는 심박출량, 혈압의 크기, 혈액량 등의 변화에 의해 야기된다. 즉 심박출량의 증가는 동맥으로 가는 혈류량을 증가시켜 혈관내에 더 큰 압력을 유발한다.[14]-[16]

동맥혈압은 심장의 심장주기 중, 심장 수축기에는 혈액을 대동맥으로 밀어내어 혈압이 상승하고, 확장기에는 혈액을 대동맥으로 밀어내지 않아 혈압이 저하된다. 전자(前者)의 혈압을 수축기 혈압(Systolic Blood Pressure), 또는 최대혈압(Maximal Blood Pressure)이라고 하고, 후자(後者)의 경우를 확장기 혈압(Diastolic Blood Pressure) 또는 최저혈압(Minimal Blood Pressure)이라고 한다. 그리고 안정시의 일반 성인의 최고혈압은 110~150mmHg이며, 최저혈압은 60~80mmHg이다.[14]-[16]

인체에 운동량을 부하하면 심박동수나 혈압은, 운동시작과 더불어 안정시의 수치로부터 급격히 상승하였다가, 운동이 끝나면 점차 감소하여 안정시의 심박동수와 혈압으로 회복된다. 운동중의 심박동수의 증가는 혈중에 있는 아드레날린(Adrenalin) 분비의 증가, 체온상승 및 근수축에 의한 정맥혈의 환류 증가, 운동의 종류, 시간, 강도 및 개인의 체질에 따라서도 차이가 난다.[14]-[19]

본 연구에서 운동부하를 인가하기 위하여 사용된 트레드밀(Treadmill)은 운동시 가능한 한 많은 근육을 사용하게 함으로써 인체의 심혈관계 및 호흡기계에 충분한 부하를 가할 수 있어, 자전거 Ergometer(Bicycle Ergometer)와 함께 가장 널리 사용되고 있는 방법이다.[20]

따라서 본 논문에서는 인체에 트레드밀(Treadmill)을 이용하여 운동부하를 가한 후, 원적외선 온열을 인가하며 심박동수, 혈압 등의 심혈관계 관련 파라미터의 변화추이를 측정·분석하여, 원적외선 온열이 인체의 운동부하의 안정화에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

제 2 장 원적외선 온열발생장치

2.1 원적외선 온열 발생장치의 구조

본 연구에 이용된 원적외선 온열발생장치는 연세대학교 의료기기기술연구소와 (주)내가보메디텍이 산학연 공동기술개발 컨소시엄으로 공동 개발한 그림2.1의 장치를 이용하였다. 소재로는 원적외선 방사율이 뛰어나고 인체에 유해한 전자파를 산파시키는 (주)내가보메디텍의 특허 물질이 사용되었다.



(a)

(b)

그림 2.1 (a)원적외선 온열 발생장치와 (b)원적외선 온열발생장치의 내부구조

Fig. 2.1 (a)Far-Infrared Heating Generator and (b)Internal Structure of Far-Infrared Heating Generator

원적외선 온열 발생장치의 소재로 사용된 (주)내가보메디텍의 특허 물질이 특성은 다음과 같다.

- 1) 폴리우레탄 MK303 코팅레자 0.8mm(Polyurethane Coating Leather)

(폴리우레탄은 내오존성과 내마모성, 내수성이 우수한 겉표면제)

2) 세라믹 코팅 부직포 7mm(Ceramic Coating Non-woven Fabric)

(내열성, 내식성, 내마찰성이 뛰어난 세라믹계 물질로 만든 섬유로서, 열을 가하면 원적외선 방출)

3) MK303 카본사선상 발열체 4mm(Carbon Pyrexia)

(카본의 높은 기밀성, 내마모성 및 윤활성 등을 활용한 제품으로 고온, 고속 및 극저온이거나 부식성이 큰 액체를 사용하는 경우도 성능이 우수)

4) 단열재 2.0mm(Heat Insulating Material)

(일정한 온도가 유지되도록 하려는 부분의 바깥쪽을 피복하여 외부로의 열손실이나 열의 유입을 적게하기 위한 재료)

5) 난연성 부직포 10mm

(물, 유리 등의 난연재료로 만든 부직포로서 단열층을 형성 가연물에 열을 전하는 것을 지연시킴)

6) HR스폰지 15mm

(고탄성 스폰지로서 높은 강도와 충격흡수에 대한 저항이 우수)

7) 난연성 부직포 7mm

(물, 유리 등의 난연재료로 만든 부직포로서 단열층을 형성 가연물에 열을 전하는 것을 지연시킴)

8) 폴리우레탄, MK303 코팅레자 0.6mm(Polyurethane Coating Leather)

(폴리우레탄은 내오존성과 내마모성, 내수성이 우수한 겉표면제)

2.2 원적외선 온열 발생장치의 분광학적 특성

MIDAC Corporation의 M2400-C FT-IR Spectrometer(적외선 분광방사 측정장치)를 이용하여, 본 논문에서 개발한 원적외선 온열발생장치의 원적외선 방사율 및 방사에너지를 측정한 결과 그림2.2, 2.3과 같은 방사특성을 확인할 수 있었다.

2.2.1 방사율

일반적으로 어떤 물체(선택방사체)가 방사하는 전자파 에너지는 동일온도의 흑체에서 방사되는 에너지에 비해서 상대적으로 작다. 이 때 선택 방사체로부터 방사되는 전자파 에너지와 흑체(Black Body)로부터 방사되는 전자파 에너지의 비를 방사율이라고 하며 그 값은 0에서 1까지의 값을 갖는다.

$$1 = \alpha + \rho + \tau \quad (2.1)$$

α : 적외선 흡수율, ρ : 반사율, τ : 투과율

(2.1)식에서 흑체는 $\rho = \tau = 0$, $\alpha = 1$ 이며, 불투명체에서는 $\tau = 0$ 이므로, 온도 평형 상태에 있을 경우, 방사에너지 ϵ 는,

$$\epsilon = 1 - \rho \quad (2.2)$$

이다.

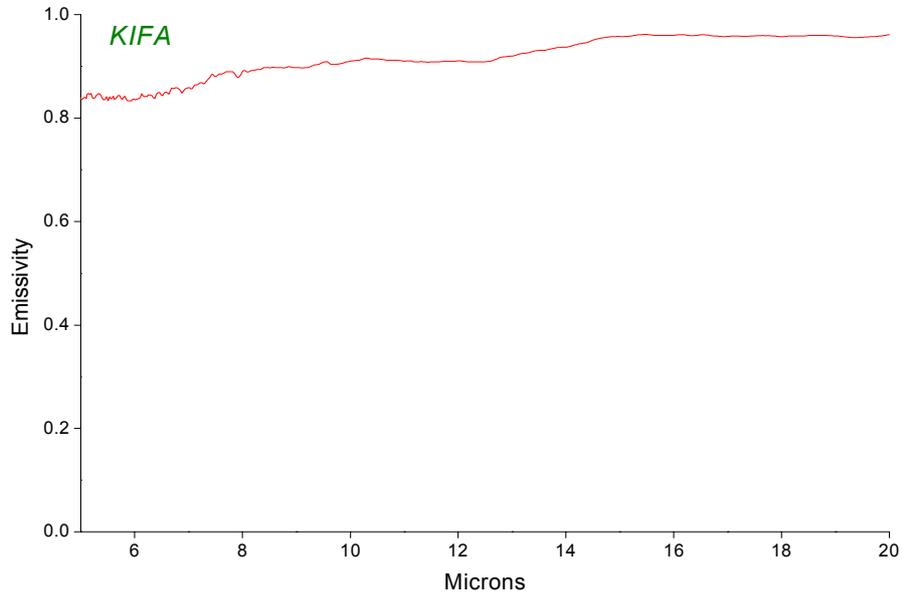


그림 2.2 원적외선 온열발생장치의 방사율

Fig. 2.2 Emissivity of Far-Infrared Heating Radiator

측정결과, 그림2.2와 같이 원적외선 온열발생장치는 흑체(Black Body)와 거의 유사한 방사특성을 갖고, 전(全) 파장 영역에서 고방사율을 나타내는 고효율 적외선 방사체임을 확인할 수 있다.

2.2.2 방사에너지

방사에너지는 물체의 에너지 상태가 다른 레벨로 이동할 때 발생하는 에너지 천이이고, 이때 방사된 전자파에너지(진동수 또는 파수)는 방사물체내의 어디에서 에너지천이가 일어났는가에 의해 결정된다. 원적외선의 방사는 분자 내부에너지변화, 원자간 결합의 진동과 분자간 상호작용에 기초한 에너지 천이의 결과로써 발생한다. 즉, 방사에너지는 물체표면의 단위면적당, 단위시간에 반구면(半球面) 공간

전체에 방사되는 에너지로 방사발산도[W / m^2]라고도 한다.

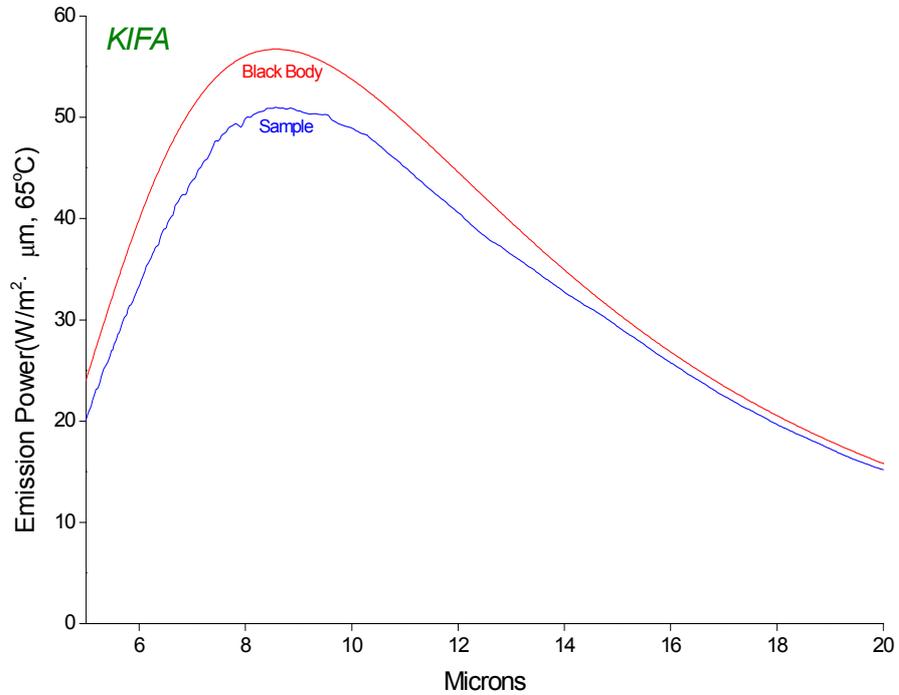


그림 2.3 원적외선 온열발생장치의 방사에너지

Fig. 2.3 Emission Power of Far-Infrared Heating Radiator

측정결과, 그림2.3에서와 같이 위쪽의 흑체(Black Body)와 아래쪽의 원적외선 온열발생장치의 방사에너지가 최대파장 및 방사에너지의 강도 등에 있어 유사성을 나타내며, 특히 인체의 적외선 방출 파장대역으로 알려진 7 ~ 14 μm 와 유사한 파장대(8~14 μm)의 방사율이 대단히 우수하여 인체에 대한 침투력이 높다는 것을 알 수 있다.

제 3 장 평가 시스템 구현 및 실험

3.1 실험 대상자

본 연구에 선정된 피검자는 본 실험의 취지를 이해하고 동의하는 표3.1에서와 같은 신체적 특성을 갖춘 20~30대의 건강한 성인 남성 8명으로, 과거 심혈관계 질환의 병력을 가지고 있지 않은 8명으로 구성하였다. 피검자가 피로하지 않은 오전 9~10시 사이에 과격한 활동을 삼가하게하고 운동부하를 인가하기 전과 회복 상태에서는 누운 상태에서 우측 팔꿈치 상단 2~3cm 사이에 위치한 동맥혈을 확인하여 혈압을 측정하고 심박수와 심전도(ECG)를 측정하였으며, 운동부하 인가시에는 심박수와 심전도를 측정하였다. 운동부하 인가시에는 혈압의 측정이 불가능하여 운동부하를 준 직후 앉아있는 상태에서 혈압을 측정하였다.

표 3.1 연구대상자들의 신체적 특성

Table 3.1 Characteristic of Subjects

Variables	Subjects
SEX	male
Age(years)	27.25±2.43
Height(cm)	174.75±5.52
Weight(kg)	73±8.80

Values are M±SD, N=8

3.2 실험 장치의 구성

본 연구에서는 그림2.4에서와 같이 BIOPAC사(社)의 MP150, TELEMED사(社)의 Hellodocs, TIMAX사(社)의 Ironman Triathlon(T51561) 등을 이용하여 심전도

(ECG), 혈압(Blood Pressure), 심박동수(Heart Rate)등을 측정하였다.

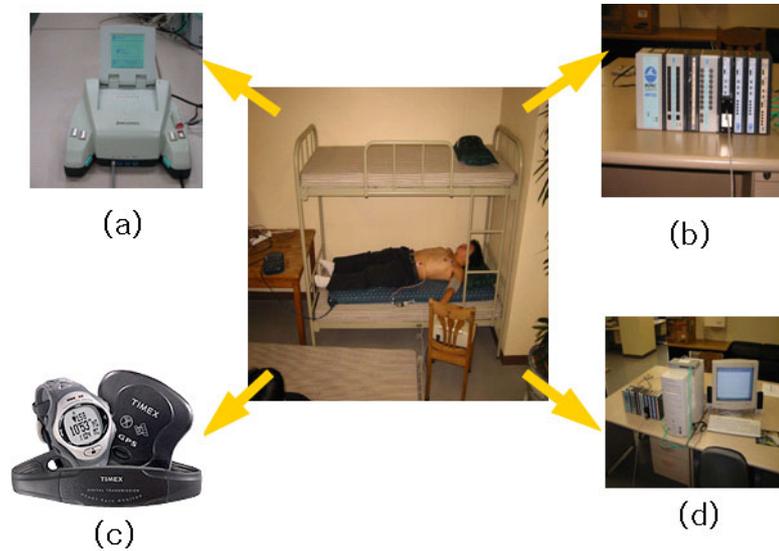


그림 3.1 생체신호 측정 및 실험 장치의 구성

(a)TELEMED사의 HELLODOCS (b)BIOPAC System사의 MP150 (c)TIMAX사의 Ironman Triathlon(T51561) (d)측정 시스템

Fig. 3.1 Measurement of Bio-Signal and Measurement System

(a)HELLODOCS of the TELEMED Co. Ltd. (b)NIBP100A of the BIOPAC system Co. Ltd. (c)Ironman Triathlon(T51561) of TIMEX Co. Ltd. (d)Mesurement System

3.3 실험방법

그림3.2에서와 같이 피검자를 트레드밀(Treadmill) 위에서 평균 시속 6km로 약 1km의 거리를 10분 동안 달리게 하며 운동 전과 후의 전술(前述)한 생체 파라미터를 그림3.1의 생체신호 측정기를 이용하여 그림3.3의 방법으로 측정하였다.

운동부하 인가가 완료된 피검자는 즉시 일반침대에 눕혀 30분 동안 자연 상태에서의 회복과정을 동일한 파라미터를 이용하여 측정하였다.

또한 동일한 피실험자를 30분~2시간 동안 충분히 휴식을 취하게 하고 트레드밀(Treadmill)를 이용하여 동일한 운동부하를 인가한 후, 예열(30℃/48℃/65℃)해 놓은 원적외선 온열발생장치로 옮겨 5분 간격으로 30분 동안 동일한 파라미터를 동일한 방법으로 측정하였다.



그림 3.2 트레드밀(Treadmill)을 이용한 운동부하 실험

Fig 3.2 Experiment of Treadmill Exercise

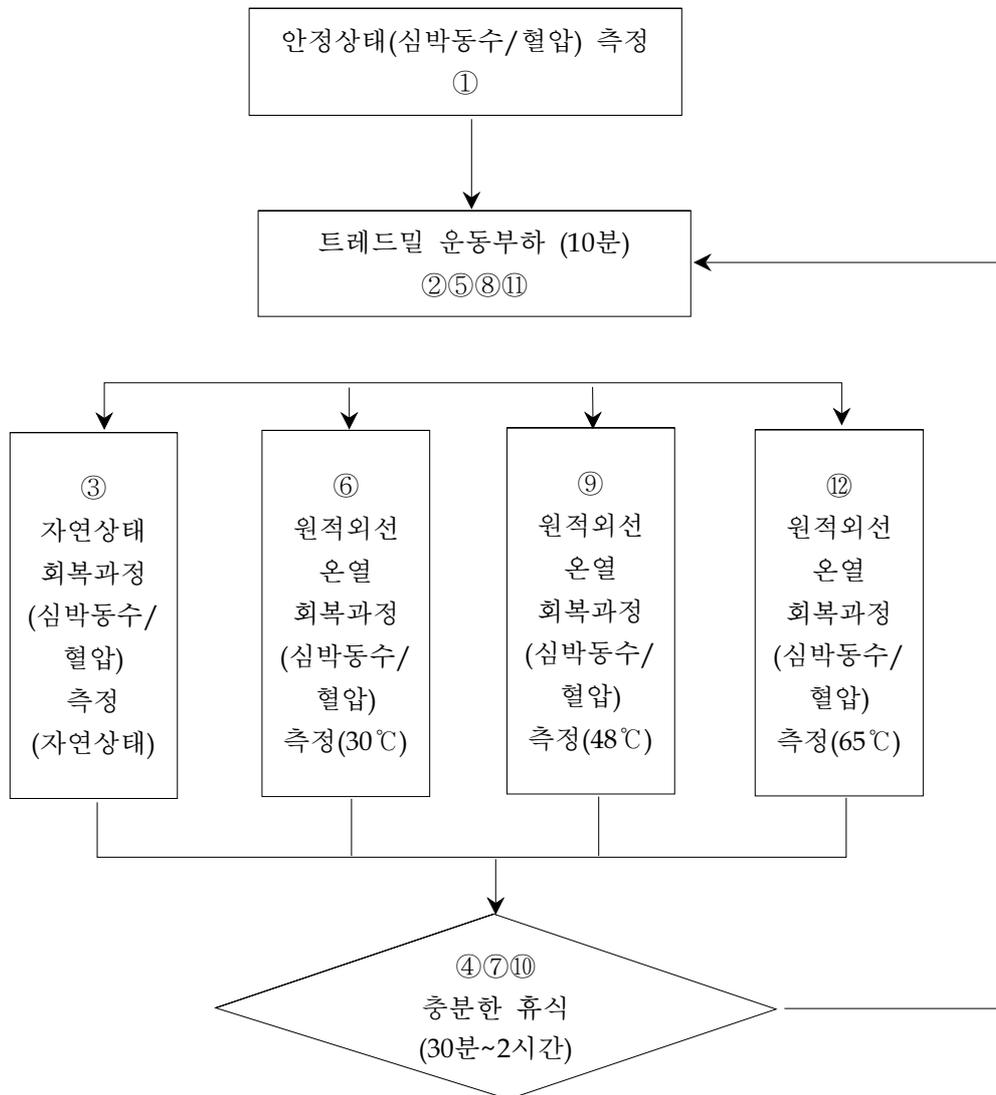


그림 3.3 실험 프로토콜의 블록선도

Fig. 3.3 Block Diagram of Experimental Protocol

제 4 장 결과 및 고찰

4.1 심박동수

심박동수는 순환기능(심폐지구력)의 발달 정도나 체온의 증가에 의해서 영향을 받기도 한다. 또한 순환기 기능이 우수한 사람의 경우에는 1회 박출량의 크기 때문에 낮은 심박동수로도 산소 수송을 위한 혈액 순환량을 충족시킬 수 있게 되며, 이로 인해 같은 운동부하에서 더 낮은 심박동수를 나타낸다.[15][16] 그리고 체온이 증가하면 체열 방산을 위한 피부순환 증가와 정맥혈 환류의 감소 등으로 심박동수가 증가될 수도 있다.[14] 동일한 운동부하를 주었을 때, 심박동수의 반응에 차이가 나는 것은 근육조직의 모세혈관 확장, 정맥혈의 환류 증가, 적혈구의 양적 및 기능적 개선 등 순환계통에 기인할 수 있다.[15][16]

4.1.1 심박동수의 회복률 및 결과

심박동수의 회복률은 식(4.1)과 같이 정의되며 이 식을 이용하여 자연회복시의 심박동수 회복률과 원적외선 온열상태에서의 심박동수 회복률을 비교 분석 할 수 있다.

$$\text{심박동수의 회복률} = \frac{\text{운동직후 심박동수} - \text{측정시 심박동수}}{\text{운동직후 심박동수} - \text{안정시 심박동수}} * 100 \quad (4.1)$$

본 연구결과에 의하면 그림4.1에서와 같이 원적외선 온열에 의한 회복과정이 자연회복과정에 비해 심박동수의 현저한 감소를 나타내어 우수한 회복률(Rate of Recovery)을 보였다. 표4.2, 그림4.3에서와 같이 원적외선 온열 30℃의 경우, 표4.1, 그림4.2에서와 같이 자연 상태에서의 회복과정에 비해 10~23% 증가된 회복률을

보였으며, 자연 상태에서의 회복과정은 30분경과 후에도 완전한 초기상태로 회복되지 못한 반면, 30℃ 원적외선 온열을 가했을 경우 약10분경과 후 초기상태의 심박동수를 회복하였다. 표4.3, 그림4.4에서와 같이 48℃ 원적외선 온열의 경우, 자연 상태에서의 회복과정에 비해 4~13% 증가된 회복률을 보였으며, 약30분경과 후 초기상태의 심박동수를 회복하였다. 또한 표4.4, 그림4.5에서와 같이 65℃ 원적외선 온열의 경우, 자연 상태의 회복과정에 비해 5~8% 정도 증가된 회복률을 보였으며 30분경과 후 거의 초기 상태의 심박동수를 회복하였다.

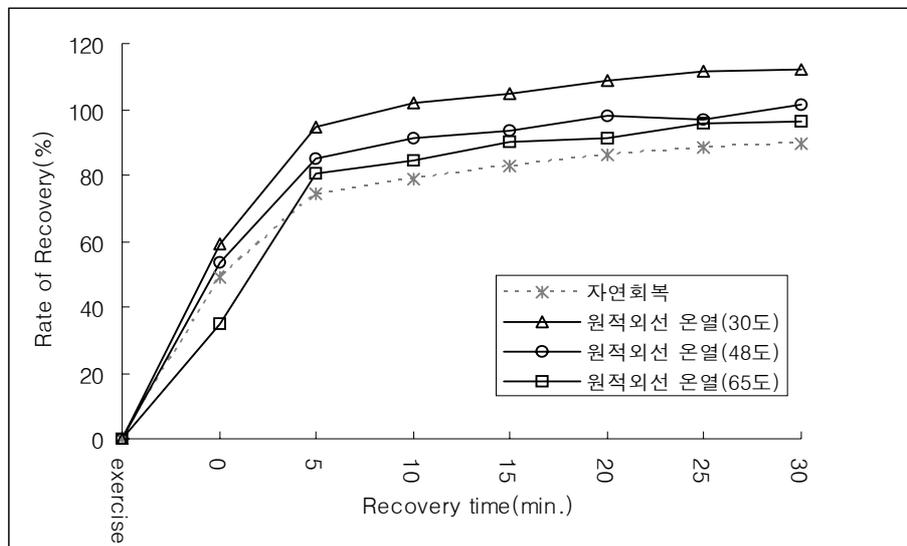


그림 4.1 운동부하 후 심박동수의 회복률 비교

Fig 4.1 Comparison of Recovery Rate of Heart Rate after Treadmill Exercise

표 4.1 자연 회복단계에서의 심박동수의 변화 및 회복률

Table 4.1 Fluctuation and Recovery Rate of Heart Rate in Natural Recovery Step

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	78.05±14.63	-
5 minutes after exercise	168.38±11.04	-
10 minutes after exercise	183.75±12.19	-
0	131.88±28.97	49.29
5	105.63±13.51	74.23
10	100.63±13.51	78.98
15	96.63±10.46	82.78
20	92.88±12.55	86.34
25	90.63±12.34	88.47
30	89.75±13.68	89.31

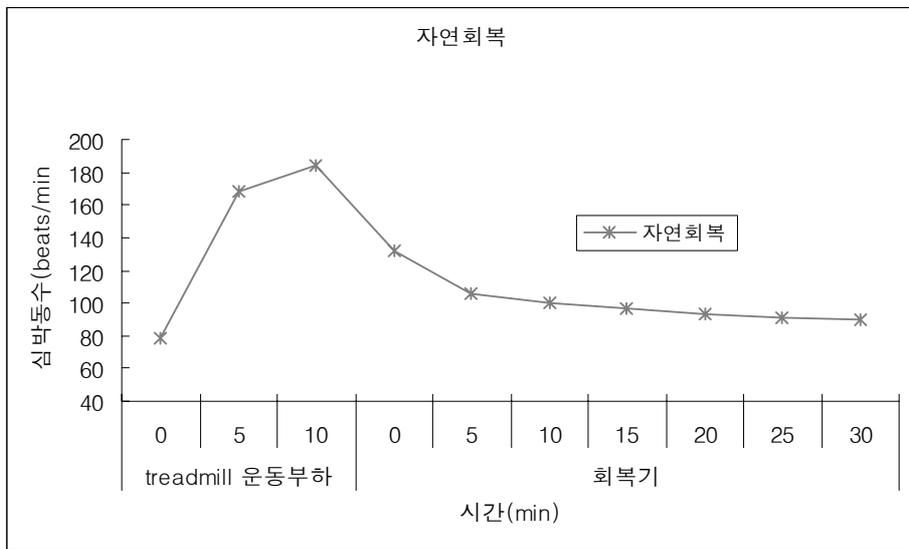


그림4.2. 자연 회복단계에서의 심박동수의 변화

Fig. 4.2 Fluctuation of Heart Rate in Natural Recovery Step

표 4.2 원적외선 온열 30℃에서의 심박동수의 변화 및 회복률

Table 4.2 Fluctuation and Recovery Rate of Heart Rate in Far-infrared Warming Effect(30℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	101.00±12.06	-
5 minutes after exercise	174.63±11.73	-
10 minutes after exercise	181.13±9.57	-
0	133.75±25.04	59.13
5	105.05±12.83	94.38
10	99.38±13.44	102.03
15	97.00±12.59	104.99
20	93.88±14.24	108.89
25	91.63±11.80	111.70
30	91.25±12.23	112.17

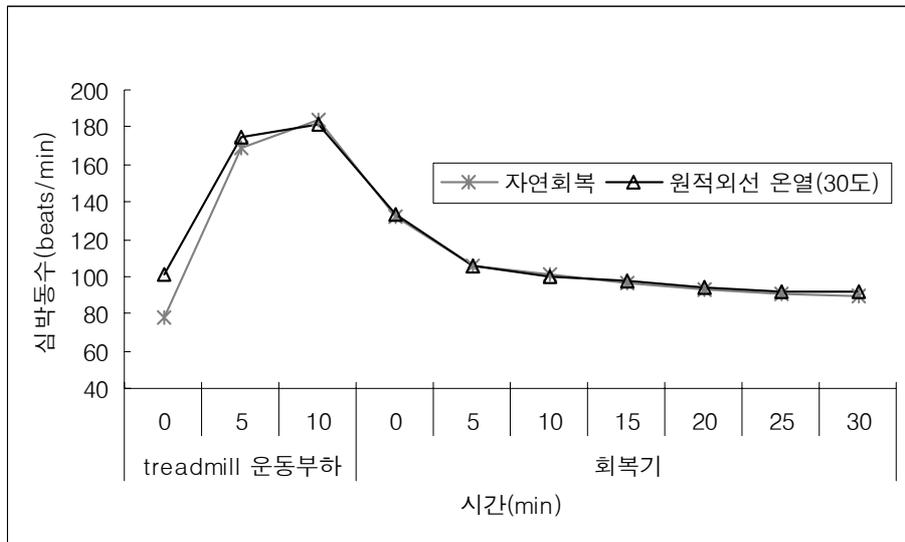


그림 4.3 운동부하시 와 회복단계에서의 심박동수의 변화(원적외선 온열30℃)

Fig 4.3 Fluctuation of Heart Rate in Exercise Recovery Step(Far-infrared Warming Effect 30℃)

표 4.3 원적외선 온열 48℃에서의 심박동수의 변화 및 회복률

Table 4.3 Fluctuation and Recovery Rate of Heart Rate in Far-infrared Warming Effect(48℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	91.00±8.27	-
5 minutes after exercise	171.00±18.13	-
10 minutes after exercise	175.71±16.49	-
0	130.14±29.26	53.79
5	103.43±14.16	85.33
10	98.57±13.24	91.06
15	96.57±14.68	93.42
20	92.71±13.23	97.98
25	93.71±13.61	96.80
30	90.00±13.60	101.18

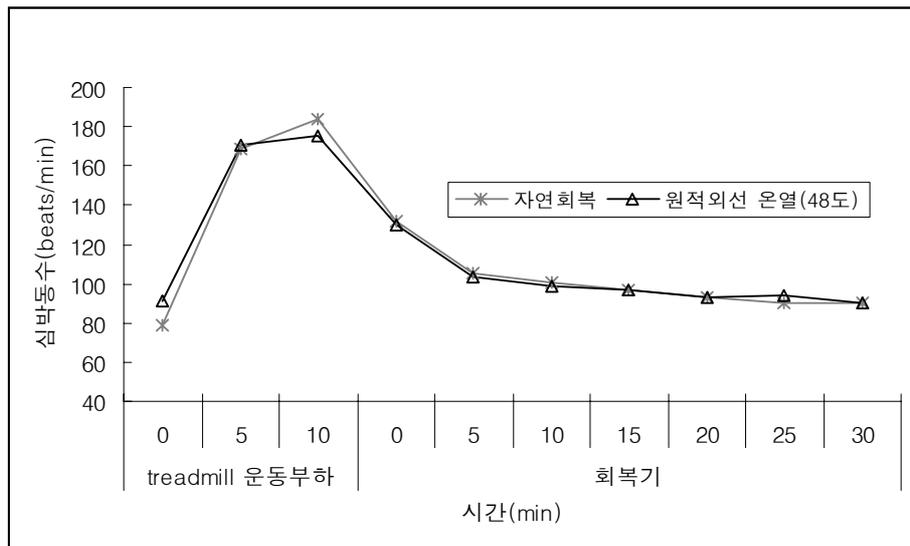


그림 4.4 운동부하 회복단계에서의 심박동수의 변화(원적외선 온열48℃)

Fig 4.4 Fluctuation of Heart Rate in Exercise Recovery Step (Far-infrared Warming Effect 48℃)

표 4.4 원적외선 온열 65℃에서의 심박동수의 변화 및 회복률

Table 4.4 Fluctuation and Recovery Rate of Heart Rate in Far-Infrared Warming Effect(65℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	85.33±12.40	-
5 minutes after exercise	147.00±34.15	-
10 minutes after exercise	163.33±20.17	-
0	136.00±32.37	35.04
5	100.33±10.13	80.77
10	97.33±11.48	84.62
15	92.83±11.89	90.38
20	92.00±14.44	91.45
25	88.67±11.04	95.73
30	88.00±10.86	96.58

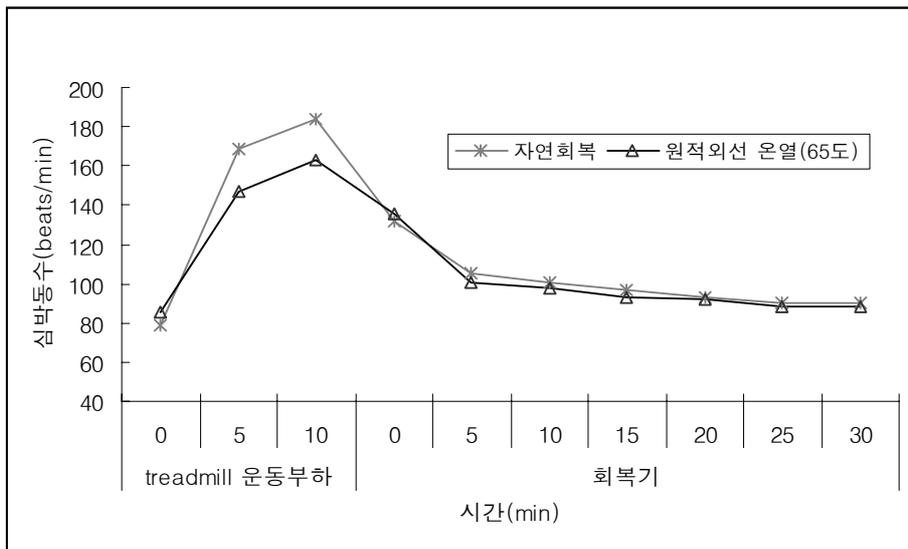


그림 4.5 운동부하 회복단계에서의 심박동수의 변화(원적외선 온열65℃)

Fig 4.5 Fluctuation of Heart Rate in Exercise Recovery Step (Far-Infrared Warming Effect 65℃)

이러한 결과는 장기간 트레이닝에 의한 효과가 아니며, 조직이나 세포 수준의 검사를 실시하지 않았기 때문에 그 원인을 정확히 진단하기는 어렵다고 사료되지만, 원적외선 온열에 의한 순환계 기능의 개선효과로 해석할 수 있을 것으로 판단된다.

4.2 혈압

혈압을 결정하는 것은 주로 심장 박출량, 혈류저항, 순환혈액량 등이다. 심장박출량이 늘어나면 혈압이 높아지고, 혈류저항이 커져도 혈압이 높아진다. 그리고 순환혈액량이 많아져도 오르게 된다.[14]

심박동수가 증가하거나 1회 박출량이 증가하면 심장 박출량이 증가하므로 동맥혈압이 높아진다. 혈중의 탄산가스가 증가하거나 에피네프린 분비가 증가되어도 이것이 심장 축진신경을 자극하고 정맥혈의 환류를 증가시키므로 심장 박출량이 증가하여 동맥혈압이 오른다. 혈류저항을 좌우하는 것은 주로 소동맥의 내경이다. 그러므로 혈류저항은 소동맥의 확장과 축소의 문제라 할 수 있다. 혈관운동신경 혹은 화학적 물질이 혈관을 축소시키면 혈류저항이 증가하여 혈압이 높아진다. 한편 혈관이 확장되면 동맥혈압은 떨어진다.[15]-[19]

순환혈액량이 많아지면 혈압이 높아지고, 혈액량이 줄어들면 혈압은 떨어진다.

심장박출량과 혈류저항이 혈압에 대해 일시적이고 급성 변화를 초래하는 반면, 순환혈액량의 많고 적음은 혈압에 대해 지속적인 효과를 나타낸다.[15]-[19]

동맥혈압은 심장이 혈액을 박출하는 수축기에는 높아지고 확장기에는 낮아지는데 이것을 각각 수축기 혈압, 확장기 혈압이라고 한다.

4.2.1 수축기 혈압의 회복률 및 결과

수축기 혈압의 회복률은 식(4.2)과 같이 정의되며 이 식을 이용하여 자연회복시의 수축기 혈압의 회복률과 원적외선 온열상태에서의 수축기 혈압의 회복률을 비

교 분석 할 수 있다.

$$\text{수축기혈압의 회복률} = \frac{\text{운동직후 수축기혈압} - \text{측정시 수축기혈압}}{\text{운동직후 수축기혈압} - \text{안정시 수축기혈압}} * 100 \quad (4.2)$$

그림4.6에서와 같이 수축기 혈압의 회복률 또한 자연회복시 회복률 보다 원적외선 온열상의 회복이 완전 회복률 100%로 더 빠르게 진행 되어가는 경향을 볼 수 있다. 그림4.7에서 그림4.8까지와 표4.5에서 표4.8까지와 같이 수축기 혈압은 트레드밀(Treadmill) 운동부하 5분 후, 자연회복 단계에서 138.31%, 원적외선 온열 30℃에서 126.70%, 48℃에서 111.45%, 65℃에서 111.39%의 회복률을 보였으며 회복시간 30분에는 자연회복 단계에서 182.06%, 원적외선 온열 30℃에서 134.99%, 48℃에서 135.40%, 65℃에서 153.91%의 회복률을 보였다.

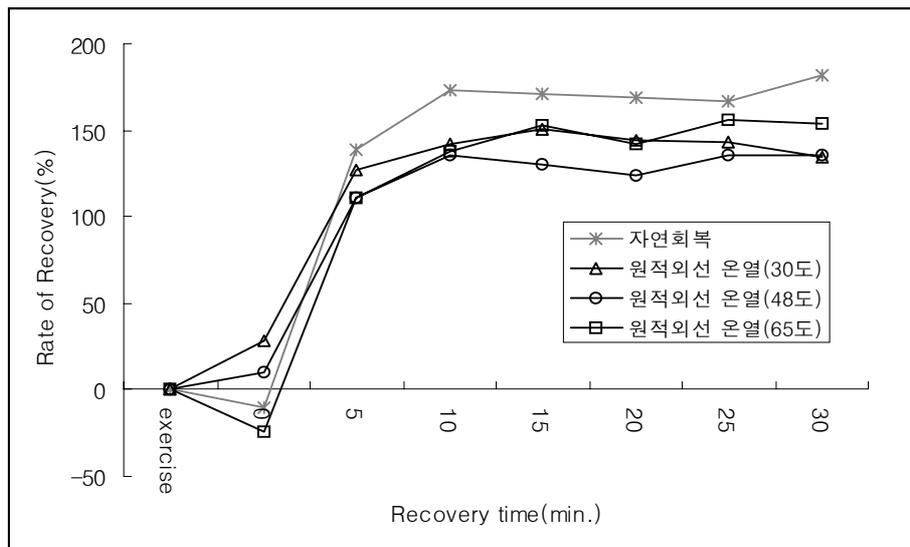


그림 4.6 운동부하 후 수축기 혈압의 회복률 비교

Fig 4.6 Comparison of Recovery Rate of Systolic Blood Pressure after Treadmill Exercise

표 4.5 자연 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률

Table 4.5 Fluctuation and Recovery Rate of Systolic Blood Rressure in Natural Recovery Step

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Rest	126.29±3.82	-
10 minutes after exercise	144.00±27.44	-
0	145.75±7.87	-9.88
5	119.05±7.46	138.31
10	113.38±10.82	172.88
15	113.63±9.30	171.47
20	114.00±9.26	169.35
25	114.38±10.85	167.24
30	111.75±12.17	182.06

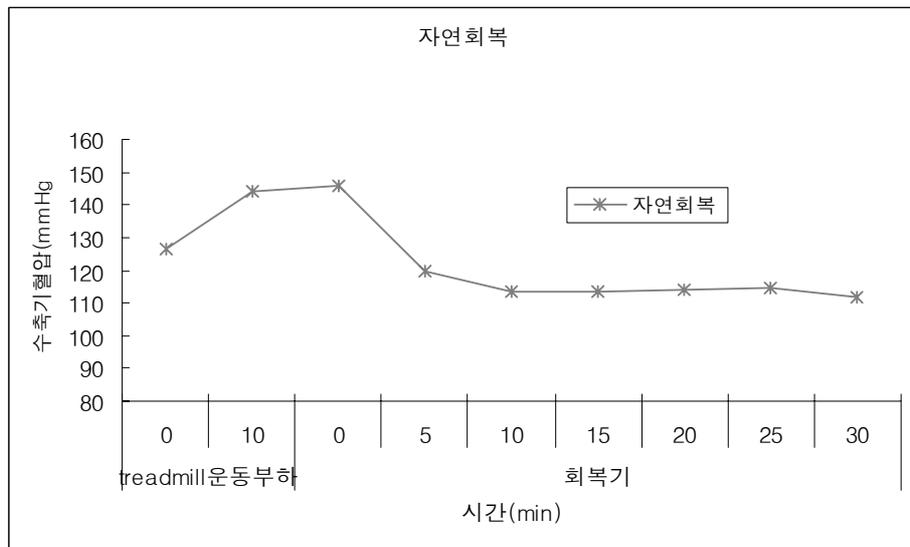


그림 4.7 자연 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화

Fig 4.7 Fluctuation of Systolic Blood in Natural Recovery Step

표 4.6 원적외선 온열 30℃에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률

Table 4.6 Fluctuation and Recovery Rate of Systolic Blood Pressure in Far-Infrared Warming Effect(30℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	124.57±8.87	-
10 minutes after exercise	148.71±19.58	-
0	141.75±19.30	28.85
5	118.13±17.41	126.70
10	114.38±11.02	142.23
15	112.38±8.85	150.52
20	113.88±8.87	144.30
25	114.13±9.95	143.27
30	116.13±9.67	134.99

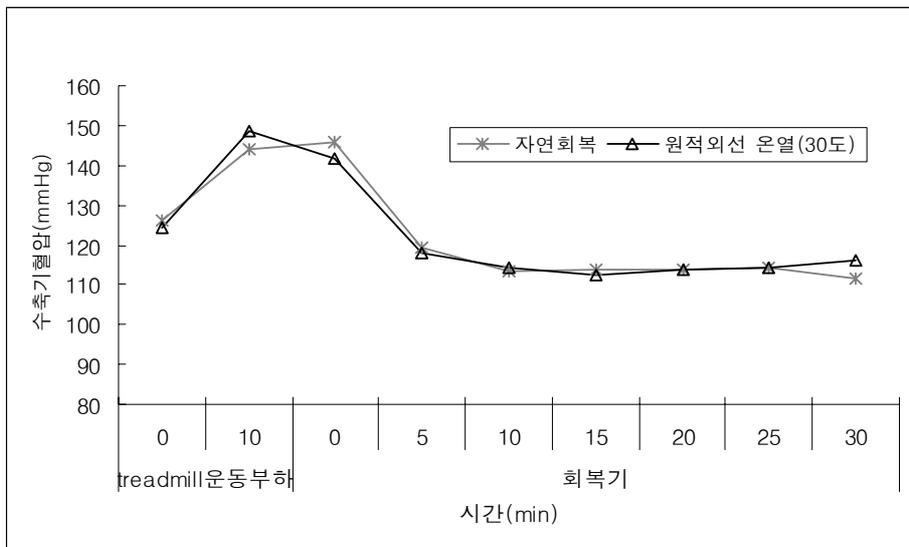


그림 4.8 운동부하 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화(원적외선 온열30℃)

Fig 4.8 Fluctuation of Systolic Blood Pressure in Exercise Recovery Step (Far-Infrared Warming Effect 30℃)

표 4.7 원적외선 온열 48℃에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률

Table 4.7 Fluctuation and Recovery Rate of Systolic Blood Pressure in Far-Infrared Warming Effect(48℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Rest	117.17±7.44	-
10 minutes after exercise	139.83±25.90	-
0	137.57±16.47	9.98
5	114.57±10.86	111.45
10	109.00±9.81	136.03
15	110.29±6.58	130.36
20	118.06±8.73	123.42
25	109.00±10.12	136.03
30	109.14±6.52	135.40

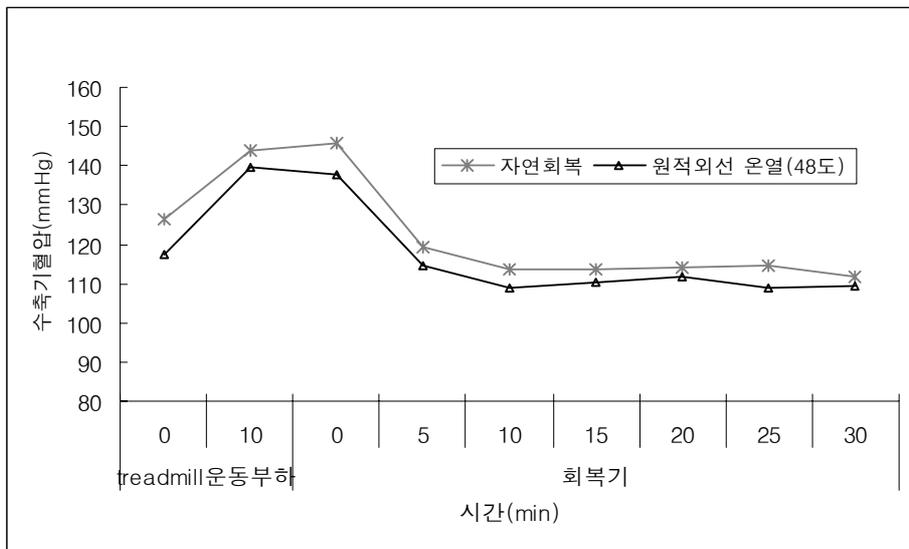


그림 4.9 운동부하 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화(원적외선 온열48℃)

Fig 4.9 Fluctuation of Systolic Blood Pressure in Exercise Recovery Step (Far-Infrared Warming Effect 48℃)

표 4.8 원적외선 온열 65℃에서의 수축기 혈압의 변화 및 회복률
 Table 4.8 Fluctuation and Recovery Rate of Systolic Blood Pressure in Far-Infrared Warming Effect(65℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	120.04±10.74	-
10 minutes after exercise	140.00±17.83	-
0	144.67±11.96	-23.81
5	118.17±6.65	111.39
10	113.00±5.62	137.76
15	110.00±4.20	153.06
20	112.17±8.82	142.01
25	109.05±5.96	155.61
30	109.83±5.78	153.91

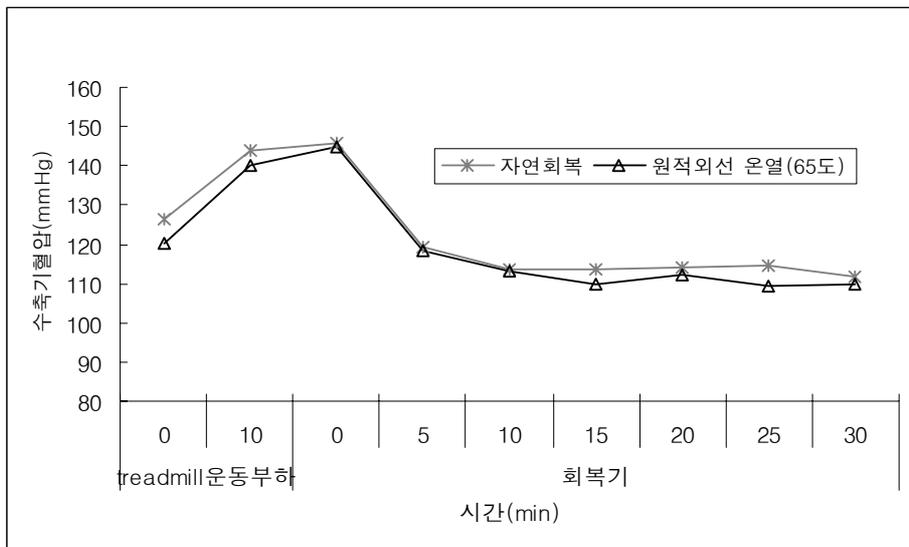


그림 4.10 운동부하 회복단계에서의 수축기 혈압의 변화(원적외선 온열65℃)
 Fig 4.10 Fluctuation of Systolic Blood Pressure in Exercise Recovery Step (Far-Infrared Warming Effect 65℃)

본 연구에서 운동 후의 수축기 혈압이 점차 하강하여 어떤 경우에는 안정시의 수축기 혈압 이하로 떨어지는데, 이는 운동에 의한 체온 상승으로 피부 혈관이 확장되어 혈류 저항이 감소하였거나, 또는 운동에 저항성을 갖고 있지 않은 심장의 피로에 기인한 것이라고 사료된다.

또, 회복시의 수축기 혈압이 안정시의 수축기 혈압보다 더 내려가는 경우도 있었는데 이는 운동으로 인한 말초저항의 감소 때문으로 사료된다.

이러한 이유로, 실험결과 운동부하 후 5분 경과할 때까지 혈압은 급속히 회복하여 이 후 30분 동안은 안정시의 혈압보다도 낮은 혈압을 나타내었다.

전반적으로 수축기 혈압은 자연 상태에서의 회복률이 원적외선 온열에서의 회복률에 비해 우수한 특성을 나타내었다.

4.2.2 확장기 혈압의 회복률 및 결과

확장기 혈압의 회복률은 식(4.3)과 같이 정의되며 이 식을 이용하여 자연회복시의 확장기 혈압의 회복률과 원적외선 온열상태에서의 확장기 혈압의 회복률을 비교 분석 할 수 있다.

$$\text{확장기혈압의 회복률} = \frac{\text{운동직후 확장기혈압} - \text{측정시 확장기혈압}}{\text{운동직후 확장기혈압} - \text{안정시 확장기혈압}} * 100 \quad (4.3)$$

그림4.11에서와 같이 자연회복시의 회복률과 원적외선 온열상태에서 회복시의 회복률 모두 앞에서 본 심박동수의 회복률과 수축기 혈압의 회복률과는 다른 경향의 결과 데이터를 얻었으며 이는 유의(有意)하지 않은 결과 데이터로 사료 되어진다. 그림4.12에서부터 그림4.15까지와 표4.9에서부터 표4.12까지에서 보여지듯이 확장기 혈압은 트레드밀(Treadmill) 운동부하 5분 후, 자연회복 단계에서 165.97%, 원적외선 온열 30℃에서 178.45%, 48℃에서 405.65%, 65℃에서 234.18%의 회복률을 보였다. 회복시간 30분에는 자연회복 단계에서 189.68%, 원적외선 온열 30℃에

서 182.62%, 48℃에서 357.26%, 65℃에서 253.12%의 회복률을 보였다. 이렇게 확장기 혈압에서는 30분의 회복시간동안 대부분의 단계에서 자연 상태에서의 회복률과 원적외선 온열에 의한 회복률 모두 유의하지 않은 회복률은 얻었다.

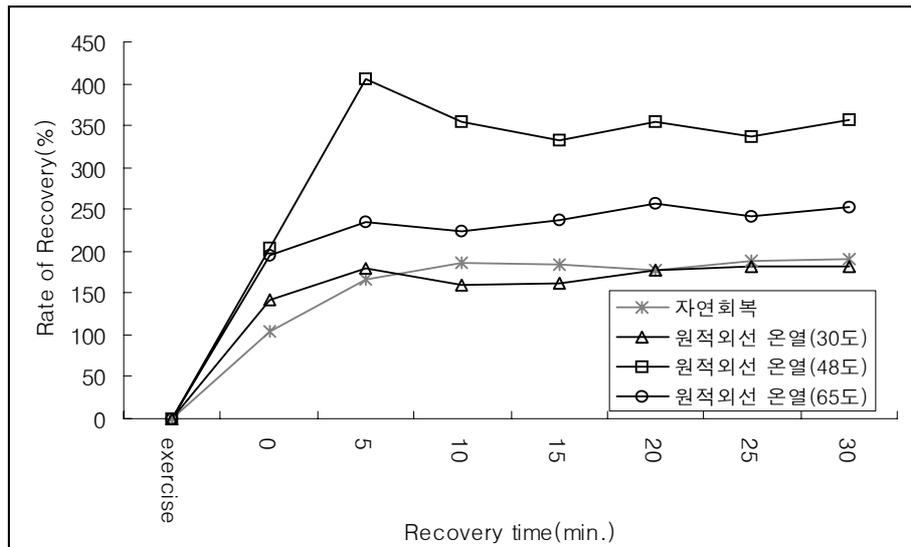


그림 4.11 운동부하 후 확장기 혈압의 회복률 비교

Fig 4.11 Comparison of Recovery Rate of Diastolic Blood Pressure after Treadmill Exercise

표 4.9 자연 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률

Table 4.9 Fluctuation and Recovery Rate of Diastolic Blood Pressure
in Natural Recovery Step

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Rest	84.43±7.52	-
10 minutes after exercise	95.05±17.93	-
0	84.00±17.41	103.87
5	77.13±9.28	165.97
10	74.88±7.66	186.29
15	75.13±9.36	184.03
20	75.75±10.96	178.39
25	74.63±12.09	188.55
30	74.05±12.35	189.68

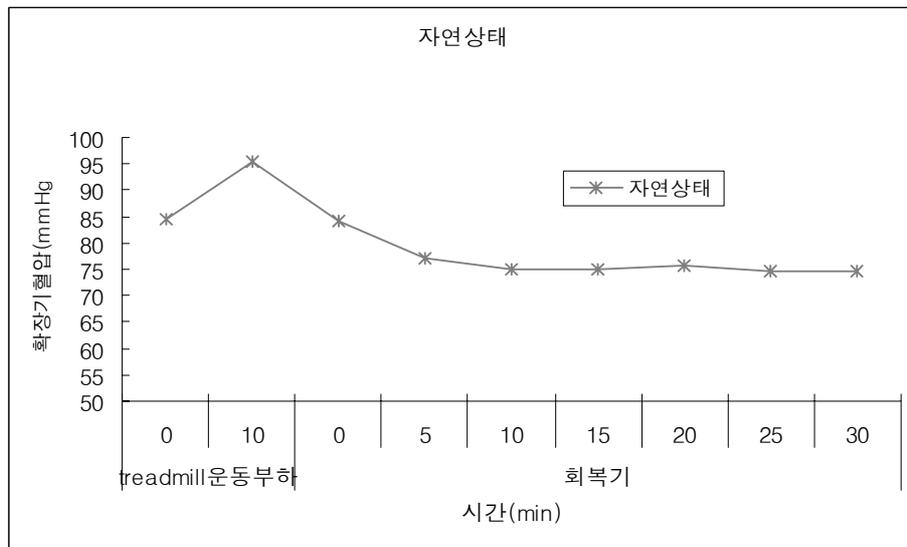


그림 4.12 자연 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화

Fig. 4.12 Fluctuation of Diastolic Blood Pressure in Natural Recovery Step

표 4.10 원적외선 온열 30℃에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률

Table 4.10 Fluctuation and Recovery Rate of Diastolic Blood Pressure in Far-Infrared Warming Effect (30℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	86.14±6.67	-
10 minutes after exercise	101.14±12.68	-
0	79.75±10.01	142.62
5	74.38±7.21	178.45
10	77.13±5.25	160.12
15	76.75±10.58	162.62
20	74.05±11.06	177.62
25	73.88±10.45	181.79
30	73.75±9.56	182.62

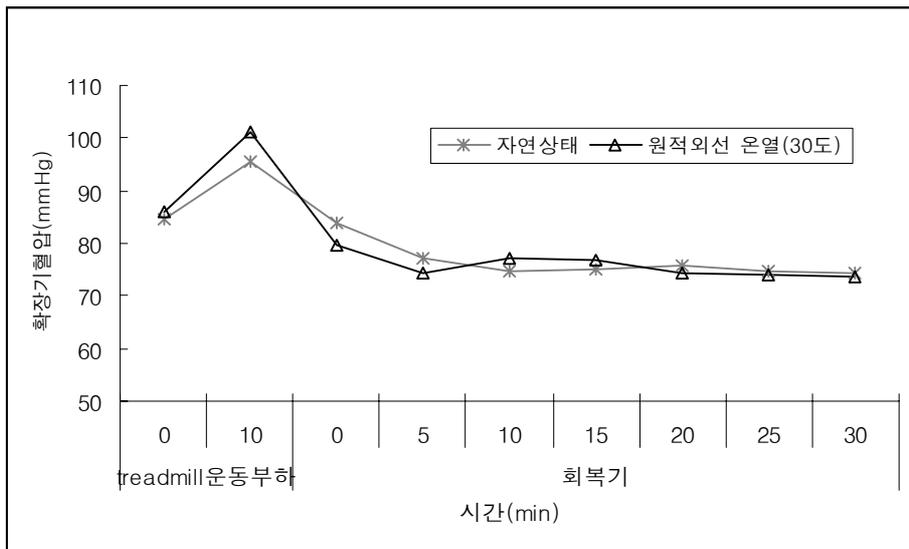


그림 4.13 운동부하 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화(원적외선 온열30℃)

Fig 4.13 Fluctuation of Diastolic Blood Pressure in Exercise Recovery Step (Far-Infrared Warming Effect 30℃)

표 4.11 원적외선 온열 48℃에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률

Table 4.11 Fluctuation and Recovery Rate of Diastolic Blood Pressure in Far-Infrared Warming Effect(48℃)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	86.17±7.14	-
10 minutes after exercise	91.33±20.29	-
0	80.75±12.21	204.84
5	70.38±7.82	405.65
10	73.00±6.55	354.84
15	74.13±6.64	333.06
20	73.00±8.02	354.84
25	73.88±5.96	337.90
30	72.88±6.22	357.26

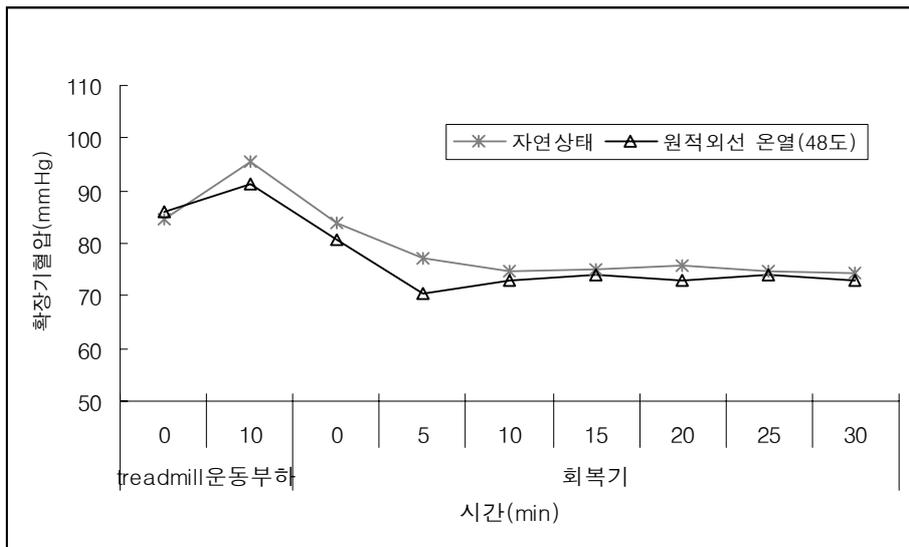


그림 4.14 운동부하 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화(원적외선 온열48℃)

Fig 4.14 Fluctuation of Diastolic Blood Pressure in Exercise Recovery Step (Far-infrared Warming Effect 48℃)

표 4.12 원적외선 온열 65°C에서의 확장기 혈압의 변화 및 회복률

Table 4.12 Fluctuation and Recovery Rate of Diastolic Blood Pressure in Far-infrared Warming Effect(65°C)

Item	Mean±S.D.	Rate of Recovery (%)
Time Passage(min.)		
Rest	93.67±13.97	-
10 minutes after exercise	108.75±25.77	-
0	79.43±8.18	194.40
5	73.43±6.21	234.18
10	75.00±3.46	223.76
15	73.00±6.35	237.02
20	70.00±20.28	256.91
25	72.14±5.67	242.70
30	70.57±8.98	253.12

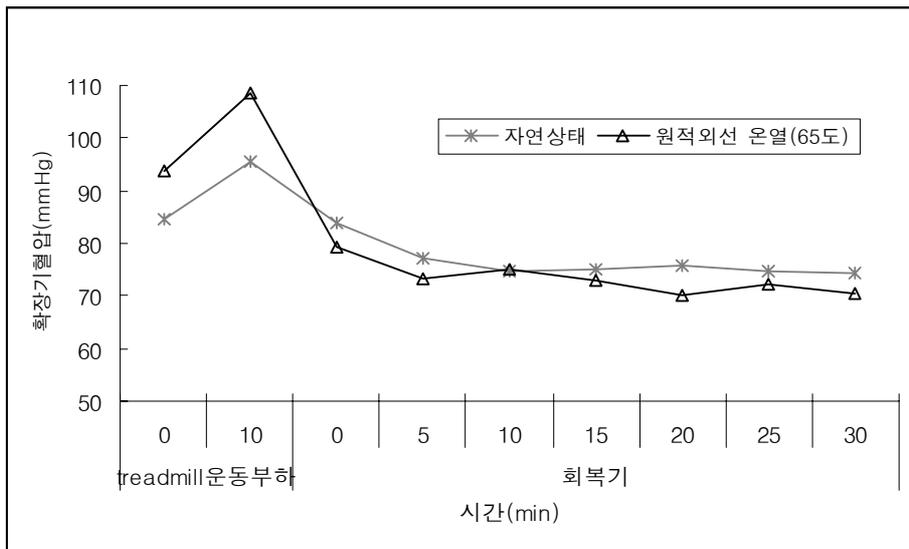


그림 4.15 운동부하 회복단계에서의 확장기 혈압의 변화(원적외선 온열65°C)

Fig 4.15 Fluctuation of Diastolic Blood Pressure in Exercise Recovery Step (Far-Infrared Warming Effect 65°C)

운동종료 후 처음 1분 동안에 확장기 혈압이 현저히 감소하여 5분을 경과한 후 대부분 안정상태의 혈압을 회복하였다. 그림4.14에서와 같이 원적외선 온열 48℃에서 회복률이 급격히 증가한 것은 이전 운동부하의 회복이 완전히 이루어지지 않아서, 운동부하에 따른 혈압 상승이 그다지 상승하지 않았던 이유와 동맥에서 모세혈관으로 혈액을 원활히 운송하기 위한 인체의 자체 메커니즘에 기인하는 것으로 사료되어진다.

제 5 장 결 론

본 연구는 원적외선 온열의 인체의 심혈관계에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 트레드밀(Treadmill)를 이용하여 8명의 20~30대의 건강한 성인남성에 10분 동안 운동부하를 인가한 후, 혈압, 심박동수, 심전도를 측정하여 자연 상태에서의 심혈관계 기능의 회복과정과 원적외선 온열 30℃, 48℃, 65℃에서의 심혈관계 기능 회복과정을 비교 분석 하여 보았다.

본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 심박동수의 경우, 운동부하를 주는 동안 계속 증가하였는데 그 이유는 근육 수축 운동시에 많은 양의 혈액이 필요하므로 혈류량이 증가하기 때문이다.(Guyton,1959) 그리고 근육운동으로 인한 자극이 교감신경을 흥분시키고 이것이 부신피질에 전달되어, 에피네프린의 분비가 증가되기 때문에 심박동수가 증가하게 된다. 이렇게 운동부하에 의해 상승된 심박동수는 자연회복단계에 보다 원적외선 온열을 준 상태에서 상대적으로 높은 회복률을 보였다.

대상인원을 확충한 장기적 실험과 조직 및 세포단위의 실험을 통해 그 원인을 정확히 규명할 수 있을 것으로 판단되지만, 현재의 실험결과만으로도 원적외선 온열에 의한 순환계 기능의 개선효과를 확인할 수 있었다.

2. 수축기 혈압의 경우, 운동부하 후 혈압이 상승하였다. 수축기 혈압이 상승한 것은 심박출량이 증가하여 혈류량이 증가하기 때문이다. 즉 심장으로 되돌아오는 정맥혈압이 많아짐으로써 심박출량이 증가되고 이것이 수축기 혈압을 증가시키는 원인이 된다. (Shaver, 1981)

이러한 이유로 수축기 혈압은 자연 상태 회복시의 회복률과 원적외선 온열 상태에서의 회복시 회복률을 비교 분석할수 있는 유의한 결과를 보였다.

3. 확장기 혈압의 경우, 수축기 혈압과 같이 운동부하에 의해 혈압이 증가하는 양상을 보이지만 그 변화폭은 수축기 혈압에 비해 상대적으로 낮았다. 이유는 운동시 혈류저항이 줄어드는데 기인하며 혈류저항이 줄어드는 것은 동맥과 운동근육혈관이 확장되기 때문이다. 다시 말해 확장기 혈압이 적게 변하고 수축기 혈압이 많이 증가함으로써 동맥으로부터 근육모세혈관으로 더 많은 혈액이 흐를 수 있게 한다.

확장기 혈압의 운동부하 인가후의 회복률은 유의하지 않은 결과를 보였는데, 이는 운동부하에 대한 수축기 혈압과 확장기 혈압의 서로 다른 실험결과의 구체적인 규명은 향후 실험을 보완하여 연구하여야할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 원적외선 온열이 인체 심혈관계에 미치는 정확한 영향 평가 기준을 설정하기 위한 기초적인 선행연구가 되었으며, 더 나아가 원적외선 온열의 객관적이고 효과적인 평가 프로세스를 구축하기 위한 기반을 마련하는데 이바지하고자 한다.

또한, 향후 본 논문에서 확인한 바와 같이 원적외선이 생체에 미치는 임상적 효과를 바탕으로, 보다 효율적으로 전신에 원적외선 온열효과를 고르게 가할 수 있는 방법의 연구와 기술개발을 가속화시킴으로써 관련산업이 크게 성장할 것이다. 이에 따라 객관적이고 효과적인 평가 프로세스를 통하여 객관적으로 검증된 원적외선 온열이 예방의학이나 심혈관계 관련 만성질환 치료에 사용한다면 인류의 건강향상과 복지증진을 위해 더 많은 기여를 할 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Fukazawa T, Miracles of Bioceramica (in Japanese). Tsushin-sha, Tokyo, 1986.
- [2] Fuse T, Taki M, Nonthermogenic effect of far-infrared radiation with a wavelength of 100 μ m on biological organism (in Japanese). Sekigaisen Gijutus 12: 27-34, 1987.
- [3] Honda K. Inoue S, Sleep-enhancing effects of far-infrared radiation in rats. Int J Biometeorol 32: 92-94, 1988.
- [4] Inoue S, Honda K, Growth of rats exposed to far-infrared radiation. Zool Sci 3: 731-732, 1986.
- [5] Ise N, Katsuura T, Kikuchi Y, Miwa, Effect of far-infrared radiation on forearm skin blood flow. Ann Physiol Anthropol 6: 31-32, 1987.
- [6] Jpn Res Lab Sleep Sci, Collected results of questionnaires on the use of the Bioceramic (in Japanese). Res Note Jpn Res Lab Sleep Sci 0285: 1-5, 1988.
- [7] Kotori T, Nonaka K, Hayashida N, Miyahara Y, Ohse K, Nakazawa Y, Effects of far-infrared radiation on sleep and body temperature in healthy adults. Kyushu Neuro-Psychia 34:63-67, 1988.
- [8] Matsushita K(1988) Evaluation of the state of water by NMR spectrometry(in Japanese). FIR Joho 5:6-10, 1988.
- [9] Mitsuhashi M, Live healthy by use of far-infrared rays(in Japanese). Nihon Iryo Hosho, Narashino, 1988.
- [10] Shimura Y, Measurements of warming effect of far-infrared radiation by agar(in Japanese). Res Note Jpn Res Lab Sleep Sci 0284:1-6, 1988.
- [11] Shojiro Inoue, "Biological activities caused by far-infrared radiation", Int J Biometerol 33 : 145-150, 1989.
- [12] J.S.Wang, "Measurement of the body temperature and blood flow-rate

- variations of pig induced by far-infrared radiation", Proceedings of BMES/EMBS Conference Oct.13-16, 1999.
- [13] Yamazaki T, Science of far-infrared therapy(in Japanese). Ningen-to-Rekishi-sha, Tokyo, 1987.
- [14] 中山昭雄編, “溫熱生理學”, 理工學社, 東京, 1981.
- [15] McArdle, William D, “Exercise physiology : energy, nutrition, and human performance”, 1997
- [16] Noble, Bruce J, "Physiology of Exercise and Sport. C.V.Mosby Co., 1986
- [17] 李錫求, “運動負荷 後 脈搏과 血壓의 變化에 關한 研究”, 慶熙大學校 大學院 1988
- [18] 金道淵, “運動負荷의 差異가 呼吸과 脈搏 回復率 變化에 미치는 影響”, 國民大學校 教育大學院 1985
- [19] 尹誠源, “運動負荷가 心搏動數에 미치는 影響”, 成均館大學校 大學院 1984
- [20] Modesto KM et al, "Comparison of supine bicycle exercise and Treadmill exercise Doppler echocardiography in evaluation of patients with coronary artery disease", *Am J Cardiol.* 2003 May 15;91(10):1245-8

ABSTRACT

Implementation of Far-Infrared Warming Effect Evaluation System on Cardiovascular System after Treadmill Exercise

Min, Se Dong

Graduate Program in Biomedical Engineering

The Graduate School

Yonsei University

The purpose of this study is to implement far-infrared warming effect evaluation system, and understand far-infrared warming on recovery rate of cardiovascular system after treadmill exercise.

In order to expose human body to far-infrared rays, carbon fiber wire mattress as a far-infrared radiator is applied. The subjects are eight normal men, age ranged 23~32.

We measure, record and analyze ECG, heart rate and blood pressure before and after treadmill exercise. After treadmill exercise we measure those bio signals by changing the heating temperature and exposing far-infrared for 30 minutes by 0°C, 30°C, 48°C and 65°C.

The experiment shows that the far-infrared warming can improve recovery rate of heart rate and systolic blood pressure effectively. We obtain 74.23% recovery rate of heart rate after five minutes without far-infrared warming but we had 94.38%, 85.33% and 80.77% recovery rate of heart rate after five minutes in 30°C, 48°C and 65°C far-infrared warming. Also, it shows 138.31%

recovery rate of systolic blood pressure after five minutes without far-infrared warming and 126.70%, 111.45% and 111.39% recovery rate of systolic blood pressure show in far-infrared warming.

In conclusion, we can understand that far-infrared warming gives influence to human body, especially in cardiovascular system. We need to study more about relationship between blood pressure and recovery rate. In the future, we will make advanced evaluation system of far-infrared warming through long term experiment with more subjects.

Key words : Far-Infrared, Warming Effect, Cardiovascular System, Heart Rate, Blood Pressure, Evaluation System, Treadmill Exercise