

훈련장소에 따른 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압의 변화에 관한 연구

이창준¹⁾ · 고영호²⁾

- 목 차 -

Abstract

I. 서론

II. 연구방법

1. 연구대상

2. 평지, 중간지대, 고지대에서 훈련 방법

3. 실험절차

4. 자료처리

III. 연구결과

- 1. 점증적 부하기동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 혈중젖산축적율 및 회복율변화

- 2. 점증적 부하기동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 심박수 증가율 및 회복율변화

- 3. 점증적 부하기동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 수축기혈압증가율 및 회복율변화

- 4. 평지, 중간지대 및 고지대훈련결과 생리적 변화에 대한 효과

IV. 고찰

V. 결 과

참고문헌

A study on the change of blood lactate concentration, heart rate and systolic blood pressure according to training of altitude level

Lee, Chang-Joon, Ko, Young-Ho

ABSTRACT

The study was undertaken to investigate the influence of altitude training (1,300m) with middle-long athletes in sea-level, middle-altitude level, and high altitude level. The subjects recruited was composed of total 5 athlete, that's athletes(3), non-athlete majored physical education(2) and exercised the same

1) 제주대학교 체육학과 교수
2) 제주대학교 체육학과 조교

weekly training program for 15 day in each training area. The contents analysed was composed of blood lactate concentration & recovery ratio for anaerobic threshold, heart rate and systolic blood pressure.

The conclusions obtained were as follows:

1. The blood lactate concentration showed not only significant difference $F(2,42)=22.15$, $P>0.0001$ during recovery phase in altitude level and but also showed significant difference in $F(2,110)=4.58$, $P>0.012$ during increasing difference in altitude training area.

2. The heart rate showed significant difference in $F(2,42)=6.47$, $P>0.003$ during recovery phase but did not show significant difference in $F(2,110)=2.83$, $P>0.063$ during increasing load phase in altitude training area.

3. The systolic blood pressure did not show significant difference in $F(2,42)=22.15$, $P>0.9106$ during recovery but did show significant difference in $F(2,110)=3.15$, $P>0.046$ during increasing load phase.

1. 서론

1. 연구의 필요성

유산소 스포츠 종목에서 심폐 및 최대 산소 능력을 향상시키기 위한 일환으로 고지대에서 적응 훈련을 해 오거나 조종사들의 압력 차를 이용한 고지대 환경에서의 훈련 등은 모두 고지에서 인체 생리적 기전과 변화 상태로 인체에 가해지는 압력 차이로 인한 신체의 적응 과정이라 할 수 있다. 이러한 시도는 특수한 상황 및 목적을 지닌 경우는 고산 지인, 등반인 및 스포츠, 항공 등의 분야에서 여러 연구자들에 의해 특별한 관심을 보여 왔다.

특히 스포츠 상황에서 고지적응 훈련에 대한 연구의 시작은 1968년 2,300m의 고지에서 개최된 Mexico Olympic을 전후하여 많은 운동 생리학자들이 고지적응 훈련 모델을 연구 보고하였다.

고지대 환경은 기압 감소에 의해서 폐포 및 동맥혈의 산소분압 감소로 인한 심폐기능의 제한적 요소로 작용하게 된다. 고지훈련은 이러한 환경적특성에 대한 적응 과정에 의해서 심폐기능이 향상되므로서 평지에서의 경기력이 향상된다.(Daniel and Oldridge, 1970)는 근거에 의해서 장거리 선수들의 중요한 훈련 방법으로 간주되어 왔다. 특히 최근 국제 대회에서 장거리 종목 상위 입상 선수들의 중요한 트레이닝 방법으로 널리 이용되고 있는 것으로 알려지면서 고지훈련에 대한 관심이 널리 증대되고 있다고 보고하였다.(김기진 등 1995)

Fredrick등(1975)에 의하면 고지대에 신체를 노출한다는 것은 운동능력에 직간접적으로 영향을 미치게 된다. 예로서 2100m되는 고지에서 육상경기시 해면에서 보다 기록이 4분이상 감소하게 되고, 감소된 운동 능력은 그 원인이 최대산소섭취량의 감소에 의한 것으로 보고했

다. 잘 훈련된 선수에 있어서 해발 수준에서 300m씩 위로 올라갈 때마다 2%의 최대산소섭취량은 감소하며, 시합에 앞서 고지대에 생활하는 것이 유리한 것으로 알려져 왔고, 많은 연구자들에 의해 지지되어 왔다.

공용대(1993)는 신체 수행 능력은 해수면보다 높은 지역에서는 감소한다고 전부터 알려져 있으며, 이것은 특히 4,000ft - 5,000ft(1,300m - 1,650m)위의 높이에서는 확실하다고 보고하고 있다.

Cerretelli 등(1967)은 두 명의 피험자를 대상으로 1524m의 고도 모의 실험에 신체를 노출시켰을 때 5.6%의 $\dot{V}O_2\max$ 감소를 가져왔다고 보고하였다. 스포츠 상황에서 육상선수들은 1646m의 고도에서 거주하면서 훈련받을 때보다 해면 고도에서의 훈련 성적이 더 좋았다고 보고한 결과로 볼 때 고지대에서 $\dot{V}O_2\max$ 의 감소율은 지구력 감소율보다 더 큰 것으로 보고했다.

Buskirt(1967)의 보고에 의하면 350m에서 4000m사이의 고도에서 동맥 산소의 부분적 압력(PaO₂) 및 기압(PB)과의 $\dot{V}O_2\max$ 의 관계가 거의 직선적인 관계를 보였다고 보고했다.

강(1996)은 1300m 고지대에서 고지훈련을 통한 중장거리 선수의 생리적 변화에 어떠한 영향을 미치는가를 비교 분석하기 위해 중학교 중장거리 선수를 대상으로 연구 결과를 보고한 결과 혈중젖산농도, 혈방, 심박수가 부하기 및 회복기에서 유의한 수준으로 변화하였다고 했다.

이상과 같이 고지에서의 적응 및 순화 과정을 겪은 가운데 신체적 및 생리적 변화를 알아보기 위해 다양한 실험 집단을 대상으로 연구한 결과를 종합하면 각 연구자들마다의 약간의 견해의 차이를 보였지만, 일반적인 결과는 평지에서보다 고지대에서의 훈련에 적응을 하므로써 심폐기능에서의 변화가 있음을 알 수 있지만, 같은 운동강도라면 고지에서의 적응으로 평지에서보다 유산소 및 무산소능력에 직접적으로 영향을 미치는 혈중젖산농도의 비교는 거의 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대학생 중장거리 학생들을 대상으로 평지, 중간지대(500m) 및 고지대(1300m)의 적응훈련이 심폐기능과 유산소성 능력의 지표가 되는 유·무산소역치수준에서의 변화를 알아 보는 것이 필요함을 느낀다.

2. 연구 목적

본 연구에서는 중장거리선수들의 운동능력에 크게 영향을 주는 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압의 변화를 규명하기 위해 평지, 중간지대(500m) 및 고지대(1300m)의 적응훈련 및 운동프로그램에 따른 훈련 처방을 각 15일간씩 실시한 뒤 고지대 훈련의 적응 효과를 알아보는 데 그 목적이 있다.

3. 연구 가설

훈련 장소 및 훈련 처치에 따라서 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압 수준은 유의한 차이가 있을 것이다. 그러므로 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

가설#1. 평지, 중간지대 및 고지대의 훈련을 각각 실시하였을 때 고지훈련의 결과가 혈중 젖산농도의 축적 및 회복율에서 평지와 차이를 보일 것이다. (P>0.05)

가설#2. 평지, 중간지대 및 고지대의 훈련을 각각 실시하였을 때 고지훈련의 결과가 심박수에서 평지와 차이를 보일 것이다. (P)>0.05)

가설#3. 평지, 중간지대 및 고지대의 훈련을 각각 실시하였을 때 고지훈련의 결과가 수축기혈압 평지와 차이를 보일 것이다. (P)>0.05)

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 제주대학교 체육학과에 재학중인 중장거리선수 5명을 대상으로 하였으며, 그들의 신체적 특성은 <표-1> 과 같다.

<표-1> 피검자의 신체 특성

Subj.	Age (yr.)	Sex	Height (cm)	Weight (kg)	Blood Pressure (mmHg)	Waist (cm)	Chest (cm)
J.J.W	21	M	178.5	75	122 / 80	90	93
Y.J.D	20	M	178.7	73	132 / 85	89	90
K.Y.L	20	M	175	67	120 / 84	85	90
J.Y.H	20	M	173.2	72	124 / 86	87	91
K.K.Y	20	M	185	68	126 / 87	87	84

2. 평지, 중간지대, 고지대에서 훈련 방법

1) 평지, 중간지대, 고지대에서의 훈련 환경

평지에서 중장거리 선수들에 가한 훈련의 환경은 산소 분압이 115.37mmHg, 평균 기온이 26.2℃이며, 훈련장소별 계획에 따라 평지 및 고지에서는 15일간 전원 합숙 훈련을 실시하였다.

중간지대에서의 훈련은 정상적인 학과가 끝난후 훈련계획에 따라서 훈련을 하였고, 훈련환경은 평지에서의 것과 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

고지대에서의 환경은 해발이 1,300m되는 영실 등반로 주변으로서 산소 분압은 127.94mm Hg, 평균 기온은 18.6℃였다. 평균 일조량은 평지에서 평균 7.23시간, 고지대에서 평균 5.12시간 이어서, 평지에서보다 고지대에서 일조량이 훨씬 적었으며, 따라서 고지대의 습도 역시 평지보다 훨씬 많은 상태였다. 평지의 자연 환경은 학교 운동장으로서 주위에 우거진 숲이 없는 상태였고, 고지대의 경우는 연중 울창한 숲이 있는 아열대 밀림 지역과 같은 환경의 특성을 지녔다. 매일 실험군의 식사는 각 훈련장소별 3식 식단의 식사로 구성되었고, 고지대의 경우는 3식 식단의 식사 외 충분한 간식을 하게 했다.

수면 시간은 평지, 중간지대 및 고지대의 경우는 23:00가 되면 거의 취침에 들어가서 다음 날 06:00에 기상을 하여 운동에 하였고, 중산간인 경우 학교 훈련 후 각자 가정에서 자유로이

훈련장소에 따른 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압의 변화에 관한 연구(이창준·고영호)

취침하는 형태로 임함으로써 중간지대보다는 평지 및 고지대에서 더 규칙적인 생활을 했다.

2) 훈련강도, 빈도, 시간, 종류

훈련강도, 빈도, 시간, 종류는 <표-2, 3, 4> 와 같다.

<표-2> 평지에서의 훈련 계획

기 간	훈 련 내 용	시 간	장 소
1주 일일 1set	준비운동 400m x 20회 2대2, 3대3, 5대5 system (무릎가슴당기회10회+30m dash+팔굽혀펴기 20회+50m dash+복근운동 30회) x 5회 shooting 400m x 5회 정리운동	10분 30분 40분 30분 35분 15분 10분	서귀고등학교 운동장
2set	준비운동 400m x 15회 4대2 system short game 30m x 5회 15m x 5회 정리운동	10분 25분 30분 35분 15분 10분 10분	
2주 일일 1set	준비운동 400m x 20회 2대2, 3대3, 5대5 system (무릎가슴당기회10회+30m dash+팔굽혀펴기20회+ 50m dash+복근운동 30회) x 5회 shooting 400m x10회 정리운동	10분 30분 40분 30분 35분 20분 10분	서귀고등학교 운동장
2set	준비운동 400m x 15회 4대2 system short game 30m x 8회 15m x 8회 정리운동	10분 25분 30분 35분 20분 15분 10분	

〈표-3〉 중간지대에서 훈련 계획

기 간	훈 련 내 용	시 간	장 소
1주 일일 1set	준비운동 400m x 15회 4대2. system (부분별. 공·수) centering - shooting one - turch game 400m x 5회 15m x 5회 복근운동 정리운동	10분 25분 30분 30분 30분 15분 10분 20분 10분	제주대학교 운동장
2주 일일 1set	준비운동 400m x 15회 기본기 centering - shooting shooting 400m x 10회 30m x 5회 연습 game 400m x 5회 15m x 5회 복근운동 정리운동	10분 25분 30분 30분 30분 20분 10분 30분 15분 10분 10분 10분	제주대학교 운동장

〈표-4〉 고지대에서의 훈련계획

기 간	훈 련 내 용	시 간	장 소
1주 일일 1set	준비운동 8회 x 50m 6회 x 100m 6회 x 200m 1회 x 3km 에르고메타 6회 x 3kp x 50~60rpm 정리운동	10분 15분 20분 25분 15분 40분 10분	한라산 영실
2set	준비운동 8회 x 50m 6회 x 100m 6회 x 200m 5회 x 400m 1회 x 3km 에르고메타 4회 x 3kp x 50~60rpm 정리운동	10분 15분 20분 25분 25분 15분 30분 10분	한라산 영실

훈련장소에 따른 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압의 변화에 관한 연구(이창준·고영호)

기 간	훈 련 내 용	시 간	장 소
2주 일일	준비운동	10분	한라산 영실
	8회 x 50m	15분	
	8회 x 100m	25분	
	8회 x 200m	30분	
	5회 x 400m	25분	
	1회 x 3km	15분	
	에르고메타 4회 x 3kp x 50~60rpm	30분	
	정리운동	10분	
2set	준비운동	10분	한라산 영실
	8회 x 50m	15분	
	6회 x 100m	20분	
	6회 x 200m	25분	
	1회 x 3km	15분	
	에르고메타 8회 x 3kp x 50~60rpm	45분	
	정리운동	10분	

3. 실험 절차

1) 실험 장비

해발, 중산간 및 고지대 훈련에 사용되었던 측정용구는 <표-5>과 같다.

<표-5> 측정용구

Experimental apparatus	Manufactory	Remark
Bicycle ergometer	Japan, Senohn	Heartrate Checker
YSI blood lactate analysis System	U.S.A. YSI, 2300	
Telegraph system	Japan, Senohn	
Blood preasure	Japan, Omron co.	Girth of body
Digital Blood Pressure	Japan "A & D"	
Martin type anthropometrics	Japan, T.K.K., co.	

2) 실험장비의 가동

Bicycle ergometer의 경우 오랫동안 사용하지 않은 결과로 체인 등에 낀 이물질들을 사전에 제거함으로써 기계적인 저항력을 없도록 하고, 사전에 속도계와 부하기의 정상 상태를 확인한 다음 가동하였고, 젖산분석시스템(YSI blood lactate analysis System)의 경우 1차적으로 혈액을 sampling하기 전에 기기의 민감도를 조정하는 과정에서 calibration을 한 결과 0.5 μ m가 될 때까지 기다려서 혈액을 채취하여 젖산 농도를 측정하였다.

원격 심박수 측정기(Telegraph system)는 자전거 에르고메타 전상부에 고정을 시킨 후 임

의로 부하를 준 후 심박측정기의 양쪽 봉을 잡도록 함으로써 순간 심박수를 파악하였으며, 부하 동안 계속 왼쪽팔 상부에 자동혈압계를 부착하여 부하가 완료된 다음에 즉시 수축혈압(systolic)과 이완혈압(diasotolic)이 측정되도록 하였다. 마틴식 인체측정기기(Martin type anthropometrics)는 신장, 요위, 및 흉위를 실험 전에 측정하였다.

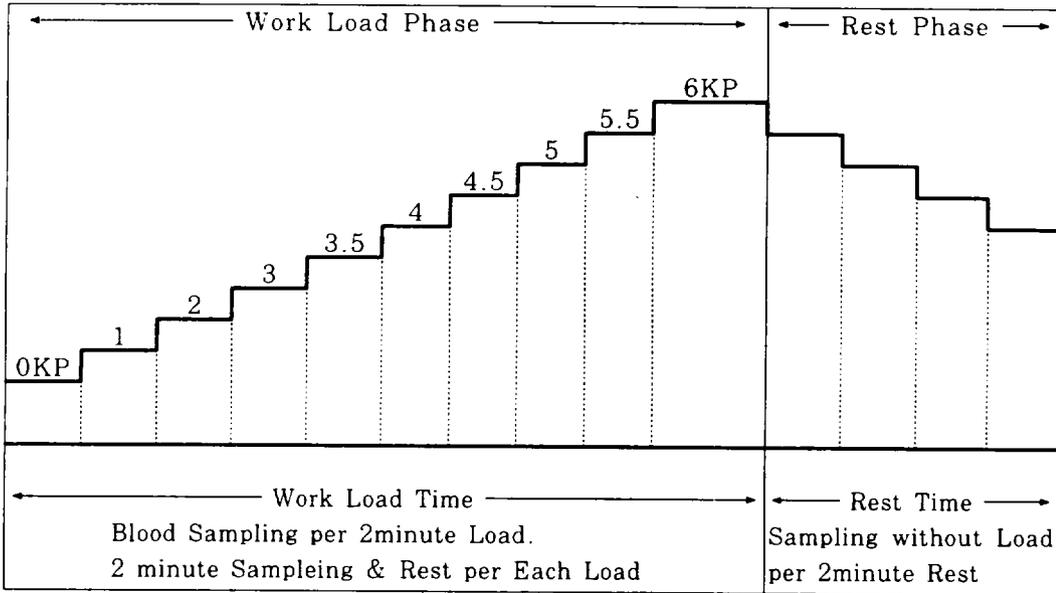
3) 부하 방법 및 측정 항목

평지 및 고지대에서 각 피검자에게 Bicycle ergometer를 이용하여 부하를 준 방법은 <그림-1>과 같이 시작의 신호와 동시에 60rpm을 유지하도록 하여 매 2분 동안 달리게 했다. 부하 2분 후 혈중젖산농도를 측정하기 위해 피험자로부터 샘플을 채취하고, 심박수를 측정하였다. 측정 후 2분은 휴식을 취하게 한 후 1단계에서 3단계 까지의 부하는 1KP씩 부하를 주다가 그 후 All-out상태까지 매번 0.5KP씩 부하를 올라가면서 같은 방법으로 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압을 측정하였다. 이러한 방법으로 모든 피검자가 All-out상태가 될 때까지 동일한 방법으로 실시하였다. 또한 All-out이후 회복기에서 역시 부하를 주지 않은 상태에서 매 2분 간격마다 3회씩 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압을 측정함으로써 개인별 회복율을 파악하였다.

각 피검자마다 실험에 임하기 전에 체격 요건(흉위, 요위, 체중, 신장)을 측정하였으며, 심박수를 각 부하의 증가마다 측정하기 위해 피검자 가슴 부위에 3개의 전극(electrode)을 한국체육과학연구원 실험 기자재 매뉴얼에 따라서 부착하였고, 또한 매 부하마다의 혈압을 측정하기 위해 피검자 왼쪽 상완 부위에 자동 혈압계를 장착한 뒤 부하를 주는 방법을 취하였다.



<그림-1> 실험장면 에르고메타 부하 및 혈중 젖산 농도 측정



〈그림-2〉 점증적 부하방법

4. 자료 처리

평지 - 중간지대 - 고지대훈련의 3단계 훈련 결과 각 환경에서 체내의 생리적 변화 및 훈련의 효과, 회복을 알아보기 위해 부하기와 휴식 기간에서 첫째, 각각의 평균 및 편차를 구하였고 둘째, 평지, 중간지대, 고지대에서 각 훈련장소별로 훈련의 빈도, 강도, 시간으로 훈련을 시켰을 때 각 단계에 따른 혈중 젖산 농도, 심박수 및 혈압에서 차가 있는지를 검증하기 위해 ANOVA 검증을 하였다. 셋째, 부하가 점증적으로 증가하는 동안 실시한 시행 간의 변화에 대해 각 평지, 중간지대, 고지대훈련 간의 증가회수(독립변수) 및 혈중젖산 농도, 심박수 및 혈압의 증가율(종속변수)에 미치는 변화를 알아보기 위해 회귀식을 통해 경향을 분석하였다.

III. 연구 결과

본 연구의 목적에 부합되는 결론을 추출해 내기 위해 평지, 중간지대 및 고지대훈련의 결과를 분석하기 위해 중장거리 선수 5명을 대상으로 훈련장소별 각각 15일동안 적응 훈련에 임했다. 각 훈련장소별 부하의 조건은 all-out상태에 이르도록 하였고, 운동선수들의 생리적 변화의 분석내용은 혈중젖산축적율, 심박수, 혈압 증가율 및 회복율변화를 각각 분석하였다.

1. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 혈중젖산축적율 및 회복율 변화

평지에서 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 증가 및 회복은 〈표-6〉 및 〈부록-1〉와 같으며, 전

체적인 증가를 보면 무산소성 역치수준이 시작되는 4회의 58%증가를 보인 이후 부터 유산소성 운동동안 점증적으로 증가하는 현상을 보였다. 즉 무산소성 역치수준 이전까지는 거의 미세한 혈중젖산농도의 축적을 보이다가 그 이후부터 유산소성 운동수준에서 매우 높은 율로 증가하는 현상을 보였다. 회복기 동안 혈중 젖산농도의 감소는 매 2분간격 마다 휴식을 통하여 무산소성 역치 수준이 보인 이후 유산소성 운동 동안 점증적으로 증가하던 현상이 점차 감소하는 현상으로 나타났다.

중간지대에서는 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 증가 및 회복은 <표-6> 및 <부록-4>와 같으며, 전체적인 증가를 보면 무산소성 역치수준이 시작되는 5회의 61%증가를 보인 이후 부터 유산소성 운동 동안 점증적으로 증가하는 현상을 보였으며, 회복기 동안 혈중 젖산농도의 감소는 매 2분간격 마다 휴식을 통하여 무산소성 역치 수준이 보인 이후 유산소성 운동 동안 점증적으로 증가하던 현상이 점차 감소하는 현상으로 나타났다.

고지대에서 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 증가 및 회복은 <표-6>과 같으며, 전체적인 증가를 보면 무산소성 역치수준이 시작되는 7회의 75%증가를 보인 이후 부터 유산소성 운동동안 점증적으로 증가하는 현상을 보였다. 즉 무산소성 역치수준 이전까지는 거의 미세한 혈중젖산농도의 축적을 보이다가 그 이후부터 유산소성 운동수준에서 매우 높은 율로 증가하는 현상을 보였다. 이의 증가율을 나타낸 기울기는 <그림-3>와 같으며, 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 증가율은 $R^2 = 0.933$ 에서 $Y=0.4788x + 0.5247$ 의 회귀방정식을 보였으며, 부하의 증가율에 따른 혈중젖산의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 경향을 보였다. 회복기 동안 혈

<표-6> 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서의 젖산축적 및 회복율변화

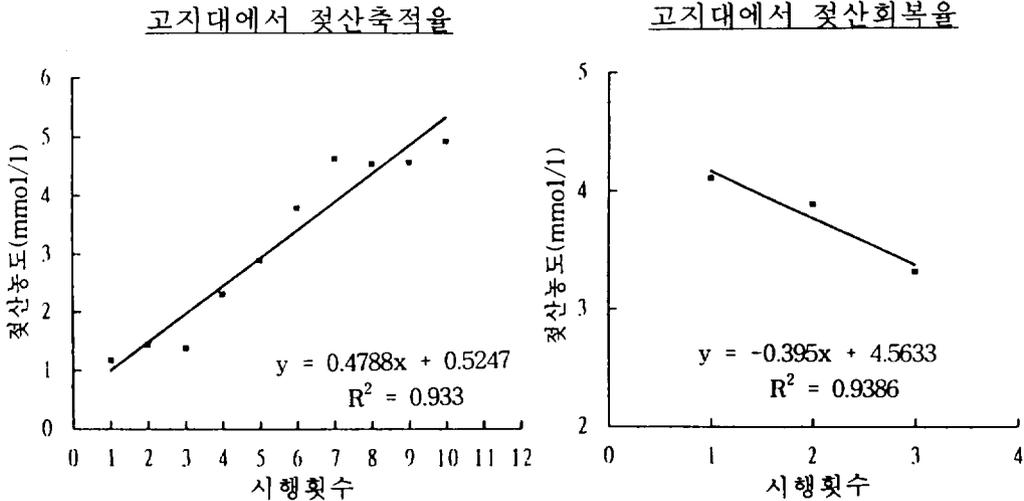
(단위:mmol/ℓ)

시행	점 증 적 부 하 기										회 복 기		
	시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	시행6	시행7	시행8	시행9	시행10	회복1	회복2	회복3
평지													
M	1.78	2.04	2.55	4.37	4.91	6.06	8.91				7.62	6.60	5.45
SD	0.32	0.24	0.47	1.08	1.41	2.05	2.06				1.58	2.26	1.33
		(+13)	(+30)	(+58)	(+64)	(+70)	(+80)					(-15)	(-40)
중간지대													
M	1.69	1.91	2.05	3.48	4.38	4.80	4.54				3.99	3.59	3.65
SD	0.56	0.88	0.42	0.65	0.59	0.73	0.73				0.79	1.01	0.50
		(+12)	(+18)	(+51)	(+61)	(+65)	(+63)					(-11)	(-9)
고지대													
M	1.17	1.44	1.38	2.31	2.89	3.78	4.62	4.53	4.55	4.91	4.11	3.89	3.32
SD	0.44	0.97	0.72	0.84	0.82	1.31	1.38	0.31	0.54	0.38	0.75	1.01	1.29
		(+19)	(+15)	(+49)	(+50)	(+69)	(+75)	(+74)	(+74)	(+76)		(-6)	(-24)

※()는 각 시행 횟수별 증가율(%)

중 젖산농도의 감소는 매 2분간격 마다 휴식을 통하여 무산소성 역치 수준이 보인 이후 유산소성 운동 동안 점증적으로 증가하던 현상이 점차 감소하는 현상으로 나타났다. 이는 감소율을 나타낸 기울기는 <그림-3>와 같으며 각부하에 따른 혈중젖산농도의 감소율은 $R^2 = 0.9386$ 에

서 $Y = -0.395x + 4.5633$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 감소율에 따른 혈중젖산의 감소는 하향으로 급경사에 가까운 경향을 보였다.



〈그림-3〉 고지대에서 젖산축적율 및 회복율

2. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 심박수증가율 및 회복율 변화

평지에서 점증적 부하기동안 심박수의 증가 및 회복은 〈표-7〉 및 〈부록-2〉과 같으며, 갑작스런 증가율을 보이기 시작한 시점은 제 4회의 무산소성 역치수준 이후부터 1회에 대한 43%에서 시작하여 all-out수준에서는 59%의 증가된 심박수를 보였다. 회복기 동안 심박수의 감소는 all-out 이후 매 2분 간격으로 휴식을 통하여 1회에 대한 2회에 감소율은 6%이며, 3회에는 9%로 심박수의 감소를 보였다.

중간지대에서 점증적 부하기동안 심박수의 증가 및 회복은 〈표-7〉 및 〈부록-5〉과 같으며, 갑작스런 증가율을 보이기 시작한 시점은 제 5회의 무산소성 역치수준 이후부터 1회에 대한 37%에서 시작하여 all-out수준에서는 45%의 증가된 심박수를 보였으며, 회복기 동안 심박수의 감소는 all-out 이후 매 2분 간격으로 휴식을 통하여 1회에 대한 2회에 감소율은 9%이며, 3회에는 10%로 심박수의 감소를 보였다.

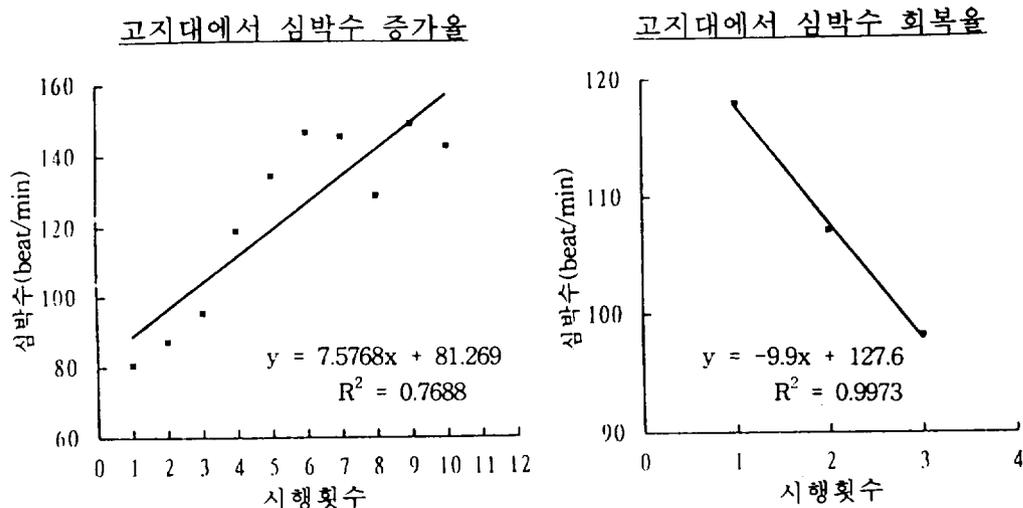
고지대에서 점증적 부하기동안 심박수의 증가는 〈표-7〉 및 〈그림-4〉과 같으며, 갑작스런 증가율을 보이기 시작한 시점은 제 7회의 무산소성 역치수준 이후부터 1회에 대한 45%에서 시작하여 all-out수준에서는 44%의 증가된 심박수를 보였다. 이러한 점증적 부하기동안 심박수의 증가는 $R^2 = 0.7688$ 에서 $Y = 7.5768x + 81.269$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 증가에 따른 심박수의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 현상을 보였다. 회복기 동안 심박수의 감소는 all-out 이후 매 2분 간격으로 휴식을 통하여 1회에 대한 2회에 감소율은 10%이며, 3회에는 20%로 감소된 심박수를 나타냈다. 회복기 동안 심박수의 감소율은 $R^2 = 0.9973$ 에서

$Y = -9.9x + 127.6$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 감소에 따른 심박수의 감소는 거의 하향으로 직선에 가까운 현상을 보였다.

〈표-7〉 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서의 심박수증가율 및 회복율변화 (단위: beat/min)

시행 피험자	점 증 적 부 하 기										회 복 기		
	시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	시행6	시행7	시행8	시행9	시행10	회복1	회복2	회복3
평지													
M	70.20	82.00	102.20	122.60	129.60	153.80	171.40				105.20	99.00	96.60
SD	9.78	16.00	11.39	13.37	24.91	3.70	9.10				6.65	6.67	5.68
		(+14)	(+31)	(+43)	(+46)	(+54)	(+59)					(-6)	(-9)
중간지대													
M	68.6	87.60	100.00	111.80	109.20	97.20	125.67				94.40	86.20	85.80
SD	11.41	14.88	19.89	30.78	34.13	37.45	47.88				27.28	18.11	17.09
		(+22)	(+31)	(+39)	(+37)	(+29)	(+45)					(-9)	(-10)
고지대													
M	80.60	87.20	95.40	119.00	134.40	146.80	145.60	128.75	149.00	142.67	118.00	107.20	98.20
SD	17.22	16.59	16.53	17.73	11.49	17.57	26.37	20.921	32.19	45.08	12.17	6.10	14.25
		(+8)	(+16)	(+32)	(+40)	(+45)	(+45)	(+37)	(+46)	(+44)		(-10)	(-20)

※()는 각 시행 횟수별 증가율(%)



〈그림-4〉 고지대에서 심박수 증가율 및 회복율

3. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 수축기혈압 증가율 및 회복율

평지에서 수축기 혈압 증가 및 회복은 <표-8> 및 <부록-3>과 같다. 각 부하기동안 5명의 피험자 수축기 혈압의 증가현상은 부하기 OKP에서 시작하여 all-out 부하기동안 평균 변화율이 가장 높은 시기는 1회에 대한 3회의 8%에서 4회의 19%의 증가가 있는 후 all-out수준에서는 27%의 증가율을 나타내었다. 회복기에서 수축기혈압의 감소현상은 all-out 이후부터 매 2분 간격으로 측정 결과 감소율은 1회에 대한 2회의 5%에서 3회의 13%의 감소율이 나타나며, 점차적으로 정상에 가까워 지고 있다.

중간지대에서 수축기 혈압 증가 및 회복은 <표-8> 및 <부록-6>과 같다. 수축기 혈압의 증가현상은 부하기 OKP에서 시작하여 all-out 부하기동안 평균 변화율이 가장 높은 시기는 1회에 대한 3회의 2%에서 4회의 10%의 증가가 있는 후 all-out수준에서는 26%의 증가율을 나타냈으며, 회복기에 수축기 혈압의 감소 현상은 all-out 이후부터 매 2분 간격으로 측정 결과 감소율은 1회에 대한 2회의 11%에서 3회의 15%의 수축기 혈압의 감소를 보였다.

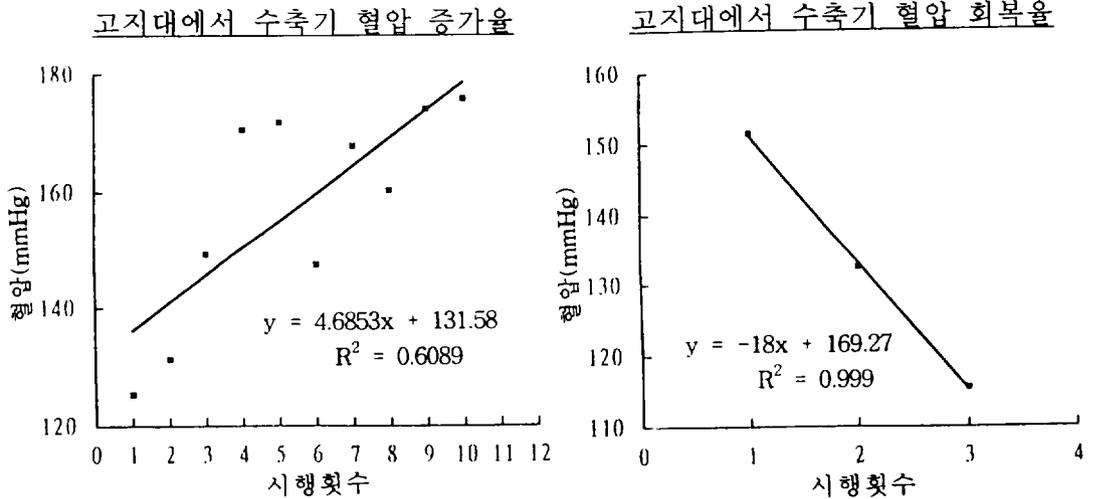
<표-8> 점증적 부하기동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 수축기혈압증가율 및 회복율변화
(단위:mmHg)

시행 피험자	점 증 적 부 하 기										회 복 기		
	시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	시행6	시행7	시행8	시행9	시행10	회복1	회복2	회복3
평지													
M	127.40	133.40	138.80	156.80	156.60	152.40	173.60				138.20	131.20	122.60
SD	5.37	10.89	22.64	39.89	18.88	34.83	35.63				14.15	16.41	9.29
		(+4)	(+8)	(+19)	(+19)	(+16)	(+27)					(-5)	(-13)
중간지대													
M	128.40	136.00	131.60	143.40	156.20	163.60	173.67				140.40	126.60	121.80
SD	11.24	15.38	16.70	14.99	15.07	16.74	36.94				9.63	11.76	5.63
		(+6)	(+2)	(+10)	(+18)	(+22)	(+26)					(-11)	(-15)
고지대													
M	125.40	131.40	149.20	170.60	171.80	147.40	167.80	160.25	174.00	175.67	151.60	132.60	115.60
SD	8.49	19.42	21.64	19.31	32.82	11.82	39.11	36.12	43.41	72.42	54.09	32.75	4.28
		(+4)	(+16)	(+26)	(+27)	(+15)	(+25)	(+22)	(+28)	(+29)		(-14)	(-31)

※()는 각 시행 횟수별 증가율(%)

고지대에서 수축기 혈압 증가 및 회복은 <표-8> 및 <그림-5>과 같다. 수축기 혈압의 증가현상은 부하기 OKP에서 시작하여 all-out 부하기동안 평균 변화율이 가장 높은 시기는 1회에 대한 3회의 16%에서 4회의 27%의 증가가 있는 후 all-out수준에서 에서 29%의 증가율을 나타냈으며, 고지대에서 혈압의 증가율은 <그림-5>에서와 같이 매 시행회수에 따른 각 부하에 대해 수축기혈압의 증가 회귀식은 $R^2 = 0.6089$ 에서 $Y=4.6853x + 131.85$ 을 보였으며, 종속변인인 Y축의 혈압의 최저치는 120mmHg이상의 수준에서 시작하여 부하가 증가함에 따라 기울기는 거의 상향으로 직선에 가까운 결과를 보였다. 회복기에서 수축기혈압의 감소현상은 all-out 이후부터 매 2분 간격으로 측정 결과 감소율은 1회에 대한 2회의 14%에서 3회의

31%의 감소율이 나타나며, 점차적으로 정상에 가까워 졌다. 혈압의 감소율은 <그림-5>에서와 같이 매 시행횟수에 다른 각 부하에 대해 수축기 혈압의 감소 회귀식은 $R^2 = 0.999$ 에서 $Y = -18x + 169.27$ 을 보였으며, 종속변인인 Y축의 혈압의 최고치는 155mmHg이하의 수준에서 시작하여 부하가 감소함에 따라 기울기는 거의 하향으로 직선에 가까운 결과를 보였다.



<그림-5> 고지대에서 수축기 혈압 증가율 및 회복율

4. 평지, 중간지대 및 고지대 훈련결과 생리적 변화에 대한 효과

1) 점증적 부하기 동안 피험자의 고지대 적응 훈련의 효과

평지, 중간지대 및 고지대에서 적응 훈련을 실시한 후 부하기 동안에 수축기 혈압에서 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,110)=3.15$ 에서 $P>0.046$ 으로 나타난 바, 수축기혈압의 고지대적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타냈고, 고지대 적응 훈련이 수축기혈압의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보였으며, 혈중젖산농도 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,110)=4.58$ 에서 $P>0.012$ 으로 나타난 바, 혈중젖산농도는 고지대적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타냈고, 고지대적응 훈련이 수축기혈압의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보였다.

고지대 적응 훈련의 결과가 평지의 수준과 비교할 때 훈련의 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 가설 #1, #2에 의하면 가설이 수용이 된다. 그러나 평지, 중간지대 및 고지대에서 적응 훈련을 실시한 후 부하기 동안에 심박수 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,110)=2.83$ 에서 $P>0.063$ 으로 나타난 바, 심박수의 고지대 적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타내지 못했으며, 고지대 적응 훈련이 심박수의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보이지 못하였다. 따라서 본 연구의 가설 #3에 의하면 기각되는

것을 볼 수 있다

2) 회복기 동안 피험자의 고지대 훈련 효과

평지, 중간지대 및 고지대에서 적응 훈련을 실시한 후 회복기 동안에 혈중젖산농도 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,42)=22.15$ 에서 $P>0.0001$ 으로 나타난 바, 혈중젖산농도는 고지대 적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타냈고, 고지대 적응 훈련이 혈중젖산농도 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보였으며, 또한 심박수 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,42)=6.47$ 에서 $P>0.0035$ 으로 나타난 바, 심박수의 고지대 적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 차이를 보였다. 따라서 본 연구의 가설 #2, #3에 의하며 수용이 된다.

그러나 평지, 중간지대 및 고지대에서 적응 훈련을 실시한 후 회복기 동안 수축기 혈압에서 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,42)=0.09$ 에서 $P>0.9106$ 으로 나타난 바, 수축기혈압의 고지대 적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타나지 못하였으며, 고지대 적응 훈련이 수축기혈압의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보이지 못하였다. 따라서 본 연구의 가설 #1에 의하면 기각되는 것을 볼 수 있다.

IV. 고 찰

제4장에서 나온 결과부분의 평지, 중간지대 및 고지대훈련의 결과를 분석하기 위해 중장거리 선수 5명을 대상으로 훈련장소별 각각 15일동안 적응 훈련에 임했을 경우에 대한 혈중젖산농도, 심박수, 혈압의 증가율 및 회복을 변화를 각각 논의하였다.

국내 고지대 환경에서의 운동수행시 심폐기능 관련 변인의 변화에 대한 연구의 결과 김기진 등(1994)은 고지대 환경은 기압 감소에 의해서 폐포 및 동맥혈의 산소분압 감소로 인한 심폐기능의 제한적 요소로 작용하게 된다고 했다. 고지훈련은 이러한 환경적 특성에 대한 적응 과정에 의해서 심폐기능이 향상되므로서 평지에서의 경기력의 향상된다(Faulkner 등., 1967; Daniels and Oldridge, 1970)는 근거에 의해서 장거리 선수들의 중요한 훈련 방법으로 간주되어 왔다. 특히 최근의 국제대회에서 장거리 종목 상위 입상 선수들의 중요한 트레이닝 방법으로 널리 이용되고 있는 것으로 알려지면서 고지훈련에 대한 관심이 널리 증대되고 있다. 그러나, 고지훈련의 경우 실제적인 효과, 적정고도, 훈련기간, 훈련 효과의 지속기간, 적절한 훈련프로그램 등에 관해서 다양한 논란이 계속되고 있다. 특히, 적절한 고지 훈련장소와 관련하여 그 높이에 대한 관점은 다양한 선행연구를 통해서 1,800 ~ 2,500m의 범위가 가장 적절한 것으로 보고된 바 있다(Berguland 등, 1992). Popov(1994)에 따르면 세계 30대 고지 훈련장의 높이는 스위스 2곳을 제외하고는 대부분 이 범위에 해당된다고 보고했고, 이러한 조건을 고려할 때 국내에서 적절한 고지 훈련장을 찾는다는 것은 매우 어렵다. 그러나, Daniels(1990)는 고지 훈련의 적절한 장소로 최소한 1,525m를 제시한 바 있으며, Fox(1984), Noble(1979) 등도 고지 환경의 영향이 작용하는 최소한의 높이를 1,500m ~ 1,524m로 보고한 바 있다. 외국의 적절한 고지 훈련장을 찾아서 전지훈련을 실시해야 국내

선수들의 입장을 고려할 때 국내에서도 이러한 효과를 얻을 수 있는 고지 훈련장의 설치가 가능하다면 경기력 향상에 도움이 될 것으로 기대된다.

1. 혈중젖산농도의 변화

김기진 등(1995)은 함백산 1차 테스트 결과에 나타난 바에 의하며 점증적 운동시 운동단계중 10분 및 12분의 혈중젖산농도는 고지가 평지보다 높은 결과를 나타냈으며, 지리산의 경우 운동단계중 14분대에 평지보다 다소 높은 혈중젖산농도를 나타냈다 그러나 고지대 환경에 의한 전체적인 영향은 함백산에 비해 미약한 것으로 나타났다. 이러한 결과 토대로 함백산에 대한 보다 정확한 분석을 위해 2차 테스트를 실시한 결과 점증적 최대운동검사에서 운동단계 12분대부터 혈중젖산농도 및 환기량이 고지에서 현저히 높았으나 젖산최고치, 젖산회복률 및 운동지속시간은 고지에서가 현저히 낮은 결과를 나타냈다. 이것은 이대지역이 실험이 수행된곳이 1,000m로서 다소 낮은 영향에 의한 것으로 간주된다.

운동을 통한 심폐기능 중 심박수의 변화는 체력, 특히 지구력을 평가하는데 중요한 자료가 되며, 혈중젖산농도(blood lactate concentration, 양정옥, 1990) 장기간 훈련을 쌓은 운동선수의 심박수는 안정시에는 서맥을 이루고 운동 중에는 서서히 증가되며 회복도 빠름을 볼 수 있는데(Hagberg, J. M 등, 1978 ; 양정옥, 1990), 이것은 심박수가 심폐기능의 척도가 됨을 제시해 주는 것이다. 젖산은 운동의 형태와 강도에 따라 근육활동 중 포도당(glucose)의 무산소적 대사(anaerobic metabolism)에 의해서 혈액과 근육 속에 축적된다. 가볍고 중정도의 운동부하시에는 산소의 공급이 충분하므로 별 증거가 없으나, 강한 운동시는 증가한다(Mathews, D.K 등, 1971). 이 젖산은 운동이 끝난 후에 급속히 감소하여 60분 후에는 안정 상태로 회복된다고 한다(Astrand, P.O 등, 1970). 좋은 체력을 가진 선수일수록 운동 중 젖산의 증가속도가 완만하며, 젖산함량이 높아도 더 오래 견딜 수가 있다(양정옥, 1990)

본 연구에서 실험결과 평지에서 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 증가는 무산소성 역치수준이 시작되는 4회의 58%증가를 보인 이후 부터 유산소성 운동동안 점증적으로 증가하는 현상을 보였다. 즉 무산소성 역치수준 이전까지는 거의 미세한 혈중젖산농도의 축적을 보이다가 그 이후부터 유산소성 운동수준에서 매우 높은 율로 증가하는 현상을 보였다.

이의 증가율을 나타낸 혈중젖산농도의 증가율은 $R^2 = 0.9195$ 에서 $Y = 1.1019x$ 의 회귀방정식을 보였으며, 부하의 증가율에 따른 혈중젖산농도의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 경향을 보였다.

회복기 동안 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 감소 회복기 동안 매 2분간격 마다 휴식을 통하여 무산소성 역치 수준이 보인 이후 유산소성 운동 동안 점증적으로 증가하던 현상이 점차 감소하는 현상으로 나타났다. 이는 감소율을 나타낸 기울기는 각부하에 따른 혈중젖산농도의 감소율은 $R^2 = 0.9988$ 에서 $Y = -1.085x + 8.7267$ 의 회귀방정식을 보였으며, 부하의 감소율에 따른 혈중젖산농도의 감소는 거의 하향으로 직선에 가까운 경향을 보였다

고지대에서 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 전체적인 증가를 보면 무산소성 역치수준이 시작되는 7회의 75%증가를 보인 이후 부터 유산소성 운동동안 점증적으로 증가하는 현상을 보였다. 즉 무산소성 역치수준 이전까지는 거의 미세한 혈중젖산농도의 축적을 보이다가 그 이후 부터 유산소성 운동수준에서 매우 높은 율로 증가하는 현상을 보였다.

이의 증가율을 나타낸 기울기는 $R^2 = 0.933$ 에서 $Y=0.4788x + 0.5247$ 의 회귀방정식을 보였으며, 부하의 증가율에 따른 혈중젖산농도의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 경향을 보였다.

회복기 동안 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 감소 회복기 동안 매 2분간격 마다 휴식을 통하여 무산소성 역치 수준이 보인 이후 유산소성 운동 동안 점증적으로 증가하던 현상이 점차 감소하는 현상으로 나타났다. 이는 감소율을 나타낸 혈중젖산농도의 감소율은 $R^2 = 0.9386$ 에서 $Y=-0.395x + 4.5633$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 감소율에 따른 혈중젖산의 감소는 거의 하향으로 직선에 가까운 경향을 보였다.

중간지대에서 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 증가를 보면 무산소성 역치수준이 시작되는 5회의 61%증가를 보인 이후 부터 유산소성 운동동안 점증적으로 증가하는 현상을 보였다. 즉 무산소성 역치수준 이전까지는 거의 미세한 혈중젖산농도의 축적율을 보이다가 그 이후부터 유산소성 운동수준에서 매우 높은율로 증가하는 현상을 보였다.

이의 증가율은 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 증가율은 $R^2 = 0.8959$ 에서 $Y=0.595x + 0.8843$ 의 회귀방정식을 보였으며, 부하의 증가율에 따른 혈중젖산농도의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 경향을 보였다.

회복기 동안 각 부하에 따른 혈중젖산농도의 감소 회복기 동안 매 2분간격 마다 휴식을 통하여 무산소성 역치 수준이 보인 이후 유산소성 운동 동안 점증적으로 증가하던 현상이 점차 감소하는 현상으로 나타났다. 이는 감소율을 나타낸 기울기는 각부하에 따른 혈중젖산농도의 감소율은 $R^2 = 0.6211$ 에서 $Y=-0.17x + 4.0833$ 의 회귀방정식을 보였으며, 부하의 감소율에 따른 혈중젖산농도의 감소는 거의 하향으로 직선에 가까운 경향을 보였다.

평지, 중간지대 및 고지대에서 적용 훈련을 실시한 후 회복기 동안에 혈중젖산농도 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,42)=22.15$ 에서 $P>0.0001$ 으로 나타난 바, 혈중젖산농도는 고지대 적용 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타냈고, 고지대 적용 훈련이 혈중젖산의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보였다.

중, 장거리 선수들의 무산소성 역치 수준의 변화에 있어서 무산소성 역치는 Wasserman 등(1964)이 점증적 운동부하시 산소공급량이 수요량에 미치지 못할 때 근육에서의 산소부족에 의한 무산소성 해당작용 증가와 동시에 젖산생산량 증가가 안정시 수준으로 급격하게 증가되는 시점으로 정의한 이래 그 정의에 대한 많은 논란이 제기되어오고 있다. Davis 등(1970)은 운동 형태에 따른 최대 유산소적인 능력과 무산소성의 역치에서 환기량과 이산화탄소 배출량과 급격히 산소농도가 증가하는 시점의 값을 구하고 정리하여 얻은 무산소성 역치의 값과 혈중젖산농도에서 얻은 무산소성 역치와의 사이에 $r = 0.95$ ($P>0.01$)가 있다고 정의하고 있다.

본 연구에서 무산소성 역치에 대한 중요성은 선행연구에서 다수 증명된 바 있다. Davis(1985)는 무산소성 역치와 장시간의 운동 수행능력은 높은 상관성이 존재한다는 것을 증명하였으며 마라톤 경기시 주행속도와 무산소성 역치수준에서의 속도와의 밀접한 관계가 있다는 것을 보고한 바 있으며 또한 무산소성 역치에 일치하는 주행속도는 혈중젖산농도의 개시와 일치하는 주행속도 보다 마라톤경기의 주행속도와 더욱 근접하다는 가설을 검증한 바 있으며, SjoDin 등(1982)은 잘 단련된 장거리 선수의 혈중젖산농도의 축적은 $\dot{V}O_2\max$ 81 ~ 94% (평균 86.6%)라 하였다.

이와 같이 무산소성 역치는 전반적으로 경기력과 관련된 유산소성 능력의 평가 및 훈련 효과

분석 (Kumagai 등 1982)을 위한 적절한 지표로서 그 활용 가능성이 시사되며 이는 최대 운동 능력에 대한 상대적 측정치로 산출되는 무산소성 역치수준에서의 생리학적 변인이 트레이닝 수행시 적합한 강도로 제시될 수 있다는 보고 (Tauaka 등 1984)에 의해서도 지적되고 있다.

Gaisl 등 (1980)은 경기성적과 $\dot{V}O_2\max$ 및 무산소성 역치와의 상관에 대해서 35명의 남자 중, 장거리 주자의 년간을 통해 측정하여 검토한 결과 중, 장거리 종목 (800m, 1500m)의 경기성적과의 상관계수는 $\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)과의 $r = -0.436 \sim -0.492$ ($p < 0.05 \sim 0.01$) 및 $AT-\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)과의 $r = 0.388 \sim -0.435$ ($p < 0.05$)이며 경기성적과 $AT-\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)과의 $r = -0.612 \sim -0.672$ ($p < 0.01$)로 가장 높은 상관계수를 나타내었다.

지구력 능력을 평가하는 지표로서 $AT-\dot{V}O_2$ 는 $\dot{V}O_2\max$ 보다 민감한 변수가 된다고 사료되며, 또 지구력 트레이닝의 강도역치로서 Kindermann 등 (1979) 및 Gaisl 등 (1980)은 무산소성 역치의 중요성을 인식시켜주고 있다.

이상과 같이 무산소성 역치가 운동생리학에 중요하게 대두되는 이유는 지구성적인 마라톤 및 중, 장거리 선수들의 능력을 결정하는데 다양하게 응용할 수 있는 지표로 많이 활용하고 있다.

2. 심박수 변화

Gou (1982)는 가상 고도에서 운동부하의 증가가 심박수에 미치는 영향을 규명하기 위해 가상 실험한 결과 심박수는 신체내의 산소 소비량의 증가와 혹은 저산소환경의 반응에 민첩하게 나타나는 지침역할을 할 수 있다고 했다. 고지대에서의 실험분석을 위한 기본적 데이터를 산출해 내기 위해 4400m 고도의 모의실험을 동일 조건속에서 비슷한 연령의 피험자들에게 실시했다. 짧은 시간이든 오랜 시간이든 고지대 조건에의 노출은 최대심박수에 있어서 환경적응을 야기시킬 수 있다고 보고했다.

김기진 등 (1995)은 국내 고지대 환경에서의 운동수행시 심폐기능 관련 변인의 변화에서 함백산의 1차 테스트 결과에 나타난 바, 점증적 운동시 운동단계중 10분 및 12분의 심박수는 고지가 평지보다 높은 결과를 나타냈다. 이에 반해서 최대산소섭취량과 올 아웃까지의 운동지속 시간은 고지가 평지보다 낮은 것으로 나타났다. 즉, 함백산은 운동수행능력과 관련된 심폐기능에 제한적으로 영향을 미치는 것으로 널리 인식된 바 있는 고지의 환경적 특성을 가지는 것으로 간주된다. 지리산 및 한라산에서 실시한 점증적 최대운동시 변화에서 나타난 바, 평지 및 고지간의 현저한 차이는 나타나지 않았다. 고지에서의 운동수행시 평지보다 높은 심박수를 나타내는 것은 산소공급의 제한적인 영향으로 말미암아 심장근의 수축기능 감소로 인한 박출능력 제한 현상을 극복하면서 요구되는 산소공급을 이루기 위한 심박수 증가현상에 기인하는 것으로 간주된다.

평지에서 점증적 부하기동안 심박수의 갑작스런 증가율을 보이기 시작한 시점은 제 4회의 무산소성 역치수준 이후부터 1회에 대한 43%에서 시작하여 all-out 수준에서는 59%의 증가된 심박수를 보였다. 이러한 점증적 부하기동안 심박수의 증가는 $R^2 = 0.9914$ 에서 $Y = 16.95x + 51.029$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 증가에 따른 심박수의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 경향을 보였다고 보고했다. 회복기 동안 심박수의 감소는 all-out 이후 매 2분 간격으로 휴식을 통하여 1회에 대한 2회에 감소율은 6%이며, 3회에는 9%로 감소된 심박수를 나타냈다. 회복기 동안 심박수의 감소율은 $R^2 = 0.9389$ 에서 $Y = -4.3x + 108.87$ 의

회귀식을 보였으며, 부하의 감소에 따른 심박수의 감소는 거의 하향으로 직선에 가까운 현상을 보였다.

중간지대에서 점증적 부하기동안 심박수의 증가율을 보이기 시작한 시점은 제 5회의 무산소성 역치수준 이후부터 1회에 대한 37%에서 시작하여 all-out수준에서는 45%의 증가된 심박수를 보였다. 이러한 점증적 부하기동안 심박수의 증가는 $R^2 = 0.7009$ 에서 $Y = 7.1289x + 71.494$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 증가에 따른 심박수의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 현상을 보였다. 회복기 동안 심박수의 감소는 all-out 이후 매 2분 간격으로 휴식을 통하여 1회에 대한 2회에 감소율은 9%이며, 3회에는 10%로 감소된 심박수를 나타냈다. 회복기 동안 심박수의 감소율은 $R^2 = 0.7848$ 에서 $Y = -4.3x + 97.4$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 감소에 따른 심박수의 감소는 거의 하향으로 직선에 가까운 현상을 보였다.

고지대에서 점증적 부하기동안 심박수의 갑작스런 증가율을 보이기 시작한 시점은 제 7회의 무산소성 역치수준 이후부터 1회에 대한 45%에서 시작하여 all-out수준에서는 44%의 증가된 심박수를 보였다. 이러한 점증적 부하기동안 심박수의 증가는 $R^2 = 0.7688$ 에서 $Y = 7.5768x + 81.269$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 증가에 따른 심박수의 증가는 거의 상향으로 직선에 가까운 현상을 보였다. 회복기 동안 심박수의 감소는 all-out 이후 매 2분 간격으로 휴식을 통하여 1회에 대한 2회에 감소율은 10%이며, 3회에는 20%로 감소된 심박수를 나타냈다. 회복기 동안 심박수의 감소율은 $R^2 = 0.9973$ 에서 $Y = -9.9x + 127.6$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 감소에 따른 심박수의 감소는 거의 하향으로 직선에 가까운 현상을 보였다.

그러나 평지, 중간지대 및 고지대에서 적응 훈련을 실시한 후 부하기 동안에 심박수 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,110) = 2.83$ 에서 $P > 0.063$ 으로 나타난 바, 심박수의 고지적응결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타내지 못했으며, 고지대 적응 훈련이 심박수의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보이지 못하였다.

회복기동안 심박수 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,42) = 6.47$ 에서 $P > 0.0035$ 으로 나타난 바, 심박수의 고지대 적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타냈고, 고지대 적응 훈련이 수축기혈압의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보였다. 따라서 고지대 적응 훈련의 결과가 평지의 수준의 것과 비교할 때 훈련의 효과가 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 선행연구의 결과와 비교하면 본 연구에서 중,장거리 선수들이 나타낸 최대운동부하시 심박수를 한국 주니어 대표선수의 최대 심박수에 대한 평균치는 202 beats/min을 나타내었고, 미국 주니어 대표선수의 최대 심박수는 192 beat/min을 나타내어 (孔, 1987), 본 연구의 피검자들이 나타낸 최대 심박수 1125.67 ± 47.88 beat/min보다는 훨씬 더 높은 것으로 나타났고, 여남희 (1987)가 보고한 마라톤 선수($n=15$)들의 최대심박수는 207.20 beat/min을 나타내어 본 연구에서 나타낸 평균치(192.25 ± 7.61 beat/min)들 보다 역시 낮은 심박수를 보였다.

3. 혈압의 변화

강인태(1996)은사전, 고지, 사후간 각 피검자별 수축기혈압 및 이완기혈압의 전체 평균은 사전 수축기혈압의 경우 124.26 pul/min, 이완기혈압 71.20pul/min, 고지의 수축기혈압은

137.48pul/min., 이완기혈압 78.92pul/min., 사후 수축기혈압은 127.25pul/min., 이완기혈압 77.76pul/min으로 각각 나타나서, 고지훈련의 경우가 수축기혈압이 가장 높은 것으로 나타났다. 부하기 동안 수축기혈압 및 이완기혈압의 변화에 대한 피검자 전체의 평균 변화 과정을 나타낸 것으로 수축기혈압의 경우 회귀식이 $y = 3.3732x + 119.36$ 으로 이완기혈압 $y = 1.9965x + 69.296$ 의 경우보다 더 높은 기울기로 증가하였음을 알 수 있다.

수축기혈압의 사전, 고지, 사후의 분산분석한 결과를 보면 $F(2,252) = 0.07$ 로 $P > 0.933$ 수준에서 유의한 차를 나타내지 못한 것으로 나타났지만, 고지훈련의 경우가 다른 두 경우보다 더 높은 것은 고지에서 산소분압의 영향으로 고지 특성의 환경에 적응하여 혈관의 수축작용에 다소 영향을 주었을 것으로 사료된다. 이상 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후 혈압의 변화를 보면, 고지훈련의 결과가 유의한 수준으로 변화를 가져오지 못했지만 사전, 사후의 경우보다 고지훈련의 경우 상당한 수준으로 수축기혈압이 변한 결과를 볼 때 고지의 높은 압력 환경에서 신체내의 혈관 수축작용에 영향을 주는 것을 통계적으로 알 수 있다. 또한 사전, 고지, 사후의 각 실험 시행에 따른 전체 평균 변화량을 볼 때 수축기혈압의 변화가 이완기혈압의 변화보다 더 높은 회귀식으로 변하여 감을 알 수 있다.

고지훈련의 결과 통계적으로는 유의한 수준의 변화를 가져오지 못했지만 사전, 사후의 경우보다 고지훈련의 경우 고지의 산소 분압이 낮아진 영향으로 수축기혈압이 변한 결과를 볼 때 고지의 절대압이 낮은 압력 환경에서 적응하는 과정에 신체내의 혈관 수축 작용에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구에서 실험결과 평지에서 수축기혈압의 증가현상은 부하기 OKP에서 시작하여 all-out 부하기동안 평균 변화율이 가장 높은 시기는 1회에 대한 3회의 8%에서 4회의 19%의 증가가 있는 후 비슷한 수준의 혈압을 유지하다가 all-out수준에서 27%의 증가율을 나타내었다. 이러한 평지에서 혈압의 증가율은 매 시행회수에 따른 각 부하에 대해 수축기혈압의 증가 회귀식은 $R^2 = 0.8725$ 에서 $Y = 6.9429x + 120.66$ 을 보였으며, 종속변인인 Y축의 혈압의 최저치는 120mmHg이상의 수준에서 시작하여 부하가 증가함에 따라 기울기는 거의 상향으로 직선에 가까운 결과를 보였다. 회복기에서 수축기혈압의 감소에서 각 부하기동안 5명의 피험자 수축기혈압의 감소현상은 all-out 이후부터 매 2분 간격으로 측정 결과 감소율은 1회에 대한 2회의 5%에서 3회의 13%의 감소율이 나타나며, 점차적으로 정상에 가까워 졌다. 혈압의 감소율은 매 시행회수에 따른 각 부하에 대해 수축기 혈압의 감소 회귀식은 $R^2 = 0.9965$ 에서 $Y = -7.8x + 146.27$ 을 보였으며, 종속변인인 Y축의 혈압의 최고치는 140 mmHg이하의 수준에서 시작하여 부하가 감소함에 따라 기울기는 거의 하향으로 직선에 가까운 결과를 보였다.

중간지대에서 수축기혈압과 회복기에서 수축기혈압은 각 부하기동안 5명의 피험자 수축기혈압의 증가현상은 부하기 OKP에서 시작하여 all-out 부하기동안 평균 변화율이 가장 높은 시기는 1회에 대한 3회의 2%에서 4회의 10%의 증가가 있는 후 비슷한 수준의 혈압을 유지하다가 all-out수준에서 26%의 증가율을 나타냈으며, 혈압의 증가율의 회귀식은 $R^2 = 0.9241$ 에서 $Y = 7.7004x + 116.59$ 을 보였으며, 종속변인인 Y축의 혈압의 최저치는 120 mmHg이상의 수준에서 시작하여 부하가 증가함에 따라 기울기는 거의 직선에 가까운 결과를 보였다. 회복기에서 수축기혈압의 감소현상은 all-out 이후부터 매 2분 간격으로 측정 결과 감소율은 1회에 대한 2회의 11%에서 3회의 15%의 감소율이 나타나며, 점차적으로 정상에 가

까워 지고 있다. 혈압의 감소율은 $R^2 = 0.9383$ 에서 $Y = -9.3512x + 148.42$ 의 회귀식을 보였고, 종속변인인 Y축의 혈압의 최고치는 145mmHg이하의 수준에서 시작하여 부하가 감소함에 따라 기울기는 거의 직선에 가까운 결과를 보였다.

고지대에서 수축기혈압과 회복기에서 수축기혈압의 감소가 부하기동안 5명의 피험자 수축기혈압의 증가현상은 부하기 0KP에서 시작하여 all-out 부하기동안 평균 변화율이 가장 높은 시기는 1회에 대한 3회의 16%에서 4회의 27%의 증가가 있는 후 비슷한 수준의 혈압을 유지하다가 all-out수준에서 29%의 증가율을 나타내었다. 혈압의 증가율에서 매 시행회수에 따른 각 부하에 대해 수축기혈압의 증가 회귀식은 $R^2 = 0.6089$ 에서 $Y = 4.6853x + 131.85$ 을 보였으며, 종속변인인 Y축의 혈압의 최저치는 120mmHg이상의 수준에서 시작하여 부하가 증가함에 따라 기울기는 거의 상향으로 직선에 가까운 결과를 보였다. 회복기에서 수축기혈압의 감소가 각 부하기동안 5명의 피험자 수축기혈압의 감소현상은 all-out 이후부터 매 2분 간격으로 측정 결과 감소율은 1회에 대한 2회의 14%에서 3회의 31%의 감소율이 나타나며, 점차적으로 정상에 가까워 지고 있다. 혈압은 매 시행횟수에 따른 각 부하에 대해 수축기혈압의 감소 회귀식은 $R^2 = 0.999$ 에서 $Y = -18x + 169.27$ 을 보였으며, 종속변인인 Y축의 혈압의 최고치는 155mmHg이하의 수준에서 시작하여 부하가 감소함에 따라 기울기는 거의 하향으로 직선에 가까운 결과를 보였다.

평지, 중간지대 및 고지대에서 적응 훈련을 실시한 후 부하기 동안에 수축기 혈압에서 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,110) = 3.15$ 에서 $P > 0.046$ 으로 나타난 바, 수축기혈압의 고지대 적응 결과 평지에서와 비교할 때 유의한 수준을 나타낸 바, 고지적응훈련이 수축기혈압의 변화에 평지의 경우와 유의한 차이를 보였으나, 회복기 동안 수축기 혈압에서 변화의 차이에 대한 차검증을 위해 변량분석한 결과 $F(2,42) = 0.09$ 에서 $P > 0.9106$ 으로 나타난 바, 수축기혈압의 고지대 적응 결과 평지준에서와 비교할 때 유의한 차이를 보이지 못하였다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 중장거리 운동선수 5명을 대상으로 고지적응훈련의 효과를 규명하기 위해 평지, 중간지대 및 고지대 훈련을 각각 15일기간 훈련에 임했다. 각 훈련장소별 부하의 조건은 all-out상태에 이르도록 하였고, 운동선수들의 생리적 변화의 분석 내용은 혈중젖산축적율, 심박수, 혈압의 증가율 및 회복율 변화를 각각 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 평지, 중간지대 및 고지대 훈련을 각각 실시 후 젖산 회복율 및 올아웃까지의 젖산축적율이 평지, 중간지대 보다 고지대에서의 회복시는 $F(2,42) = 22.15$ 에서 $P > .0001$ 로서 빠른회복 보였으며, 올아웃까지는 $F(2,110) = 4.58$ 에서 $P > .012$ 로서 낮은 축적율은 유의한 수준을 보였다.

2. 평지, 중간지대 및 고지대 훈련을 각각 실시 후 심박수 회복율 및 올아웃까지의 증가율

은 평지, 중간지대 보다 고지대에서의 회복기에는 $F(2,42)=6.47$ 에서 $P>.003$ 로서 빠른회복을 보이므로 유의한 수준을 보였으나, 올 아웃까지는 $F(2,110)=2.83$ 에서 $P>.063$ 로서 높은 경향을 보이므로 유의한 차이를 보이지 못하였다.

3. 평지, 중간지대 및 고지대 훈련을 각각 실시 후 혈압회복을 및 올 아웃까지의 증가율이 평지, 중간지대 보다 고지대에서의 회복기에는 $F(2,42)=22.15$ 에서 $P>.9106$ 로서 낮으므로 유의한 수준을 보이지 못하였으나, 올 아웃까지는 $F(2,110)=3.15$ 에서 $P>.046$ 로서 낮은 결과로 유의한 수준을 보였다.

參 考 文 獻

- 강인태(1996), "고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화" 석사학위논문 제주대학교.
- 김광희·남상남·여남희·전태원·옥정석(1992), 「運動生理學」 태근문화사.
- 김기진·정동식·안희균·최승권·김학렬(1995), "국내고지 환경에서의 운동수행시 심폐기능 관련 변인 변화" 제33회 한국체육학회 학술발표회 논문집, pp.453-457.
- 김성수·정일규 (1995), 「運動生理學」 대경출판사, pp.385-391.
- 공용대(1993), 「運動生理學」, 형설출판사.
- 공용대(1987), 한국 및 미국 주니어 장거리 우수 선수의 선정된 신진대사특성 연구, 한국체육학회지, 26(2): pp.229-243.
- 성동진(1989), 「運動處方과 生理學」, 형설출판사.
- 양정욱(1990), 최대운동부하 후 심박수와 혈중젖산 농도의 회복률에 관한 연구, 한국체육학회지 제29권 제1호.
- 여남희(1987), 마라톤 선수들의 무산소성 역치의 특성, 동아대학교 부설 스포츠 과학 연구소 논문집, 5: pp.77-88.
- 이경재·허남희(1983), "高度에 따른 體力要因 變化에 관한 研究", 한국체육학회지제22권(2), pp.22-2.
- Adams, W.C., Bernauer, E.M., Dill, D.B., and other(1975). "Effect of equivalent sea-level and altitude training on Vo_2 max and running performance." J. Appl. Physiol. 39: p.262.
- Astrand, P. O. and Rodahl, K., (1970), "Textbook of work physiology." New York, McGraw.
- Astrand, P. O. and K. (1986), Rodahl, "Textbook of work physiology, physiological bases of exercise." New York, McGraw-Hill.
- Berguland, B., Fleck, S.J., Kearney, J.T., and Wide, L. (1992), "Serum erythropoietin in athletes at moderate altitude." Scandinavica Journal of

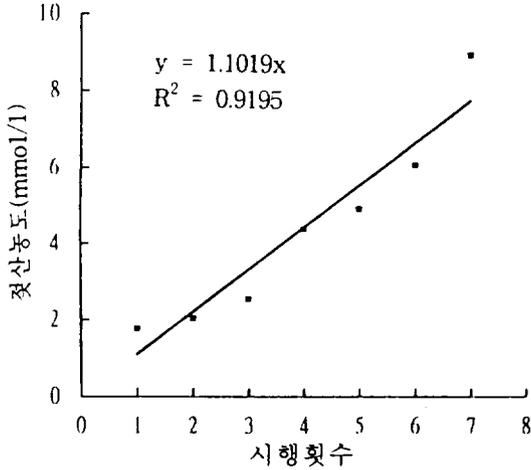
- Medicine Science Sports. 2, pp.21-25
- Buskirk. E. R., J. Kollias. R. F. Akers. E.K. Prokop. and E.P Reategui.(1967), "Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners." J. Appl. Physiol. 23: pp.259-266.
- Cerretelli. P., U. Bordoni. R. Debijadij. and F. Saracino.(1967), "Respiratory and circulatory factors affecting the maximal aerobic power in hypoxia." Arch. Fisiol. 65: pp.344-347.
- Daniels, J.(1990). Altitude training. In : Winter Sports Medicine, M.J. Casey, C. Foster, and E.G. Hixson, eds., Philadelphia : F.A Davis Co., pp.14-21
- Daniels, J., and Oldrige, N.(1970), "The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners." Medicine and Science in Sports, 2, pp.107-112
- Davis, C.T.M., Knibbs, A.V. and Musgrove, J.(1970), "The rate of lactic acid removal in relation to different baselines of recovery exercise," Int. Z. Angew. Physiol., 28: pp.155-161.
- Davis, J.A.(1985), "Anaerobic threshold: review of the concept and direction for future research." Med. Sci. Sports., 17(1): pp.6-8.
- Dill, D.B., and Adams, W.C(1971), "Maximal oxygen uptake at sea level and at 3,090m altitude in high school champion runners." J. Appl. Physiol. 30: pp.854.
- Faulkner, J.A., Daniels, J.T., and Balke, B(1967), "Effect of training at moderate altitude on physical performance capacity," J. Appl. Physiol. 23: p.85.
- Fox, E. L.(1984), "Sports physiology," New York, Saunders college publishing.
- Fredrick(1975), C. hagerman,whitney W. addington and Edward A. gaensler. Severe steady state exercise at sea level and altitude in Olympic oarsmen. medicine and science in sports, vol.7, No4, pp.275-279.
- Gaisl, G., Konig, H., Pessenhofer, H. and Schwabeger, G.(1980), "Die Trainingsoptimierung in Mittel-und Langstreckenlauf mit Hilfe der Bestimmung des areobanaeroben Schwellenbereiches." Deutsche Zeitschrift f. Sportmedizin, 31: pp.131-140.
- Gou Ueda, Ph. D(1982), "Potentiated heart-rate increase for exercise in simulated altitude." J. Sports Med., 22.
- Hagberg, J. M., Hickson, R. C., Ehsani, A. A. and Holicszy, J. O.(1978), "Oxygen deficit and debt in exercise and recovery : Effect of training(Abstract)." Federation, Proc.
- Hansen, J.E., Vogel, J.A., Stelter, G.P., and other(1967), "Oxygen uptake in man during exhaustive work at sea level and high altitude," J. Appl. Physiol. 23: p.511.

- Kindermann, W.G. and Simon, J.K. (1979), "The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of workload intensities during endurance training." *Eur. J. Appl. Physiol.*, 42: pp.25-34.
- Kumagai, S., Tanaka, K., Marsuuta, Y., Matsuzaka, A., Hirakova, K. and Asano, A. (1982), "Relationship the anaerobic threshold with the 5km, 10km, 1mile races," *Eur. J. Appl. Physiol.*, 49: pp.13-232.
- Maher, J.T., Jones, L.G., Hartley, L.H., and others (1975), "Aldosterone dynamics during graded exercise at sea level and high altitude," *J. Appl. Physiol.* 39: p.18.
- Maresh, C.M. (1981), Influence of moderate altitude residents (2200 meters) on the acute mountain sickness and exercise response during early hypobaric hypoxia (4270 meters)," Laramie, Wyoming, University of Wyoming Doctoral dissertation.
- Mathews, D. K. and Fok, E. L. (1971), "The physiological basis of physical education and athletics." Philadelphia, Saunders.
- Noble, B.J., and Maresh, C.M. (1979), "Acute exposure of college basketball players to moderate altitude": selected physiological responses. *Res. Q.* 50: p.668.
- Popov, I. (1994), "The pros and cons of altitude training." *New Studies in Athletics*, 9, 2, pp.15-21
- Saltin, B. (1966), "Aerobic and anaerobic work capacity at an altitude of 2,250 meters. In Goddard, R.F., editor": The effects of altitude on physical performance, Chicago, The Athletic Institute.
- SjoDin, B., Jacobs, I. and Svedenhag, J. (1982), "Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzyme after training at OBLA," *Eur. J. Appl. Physiol.* 49: pp.45-57.
- Sutton, J.R. (1977), "Effect of acute hypoxia on the hormonal response to exercise," *J. Appl. Physiol.* 42: p.587.
- Tanaka, K. (1982), "The relative role of selected physiological and morphological attributes to success in endurance performances (doctoral dissertation)," Tsukuuba, Japan: University of Tsukuba: pp.209-212.
- Wasserman, K. and McIlroy, M.B. (1964), "Detecting the threshold of anaerobic metabolism in Cardiac patients during exercise," *Am. J. Cardiol.* 14: pp.844-852.

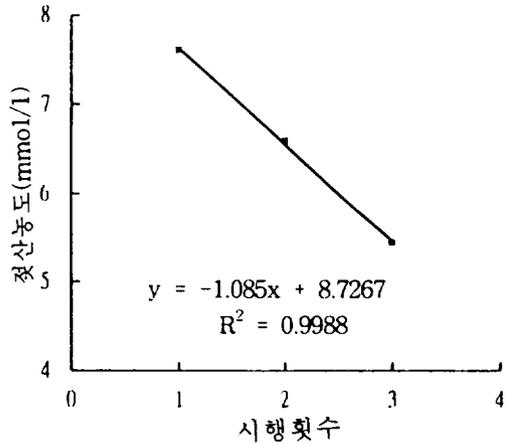
부 록

〈부록-1〉 평지에서 젖산 축적율 및 회복율

평지에서 젖산축적율

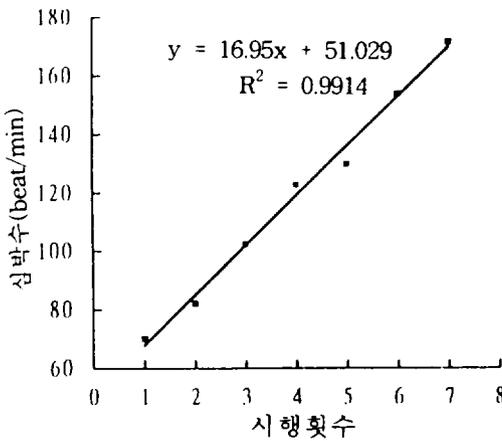


평지에서 젖산회복율

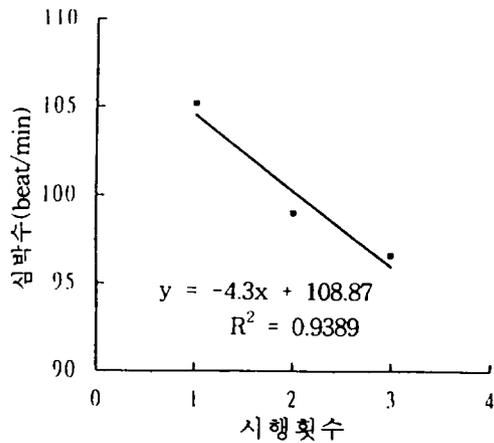


〈부록-2〉 평지에서 심박수 증가율 및 회복율

평지에서 심박수 증가율

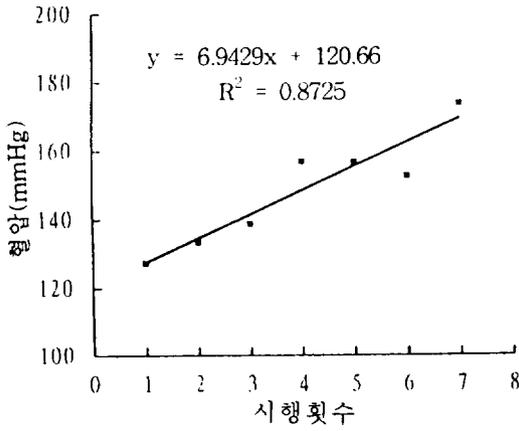


평지에서 심박수 회복율

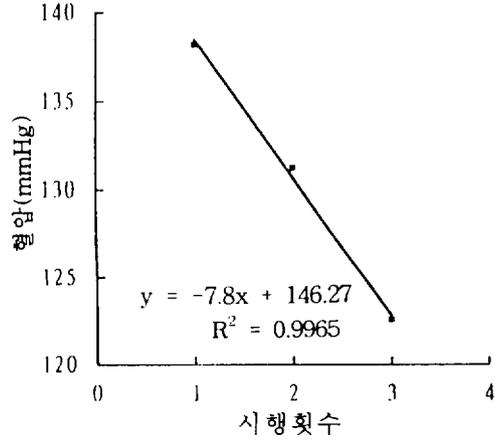


〈부록-3〉 평지에서 수축기 혈압 증가율 및 회복율

평지에서 수축기혈압 증가율

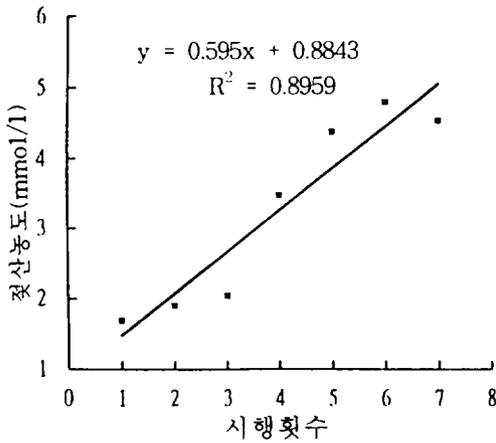


평지에서 수축기혈압 회복율

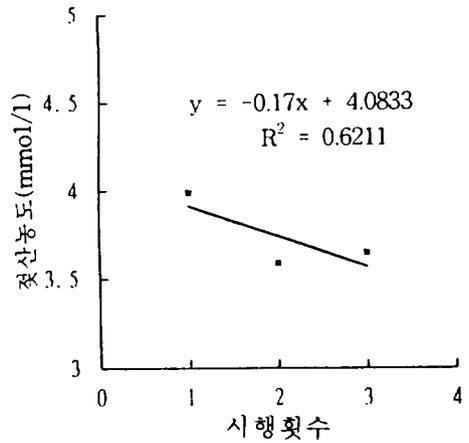


〈부록-4〉 중간지대에서 젖산 축적율 및 회복율

중간지대에서 젖산축적율

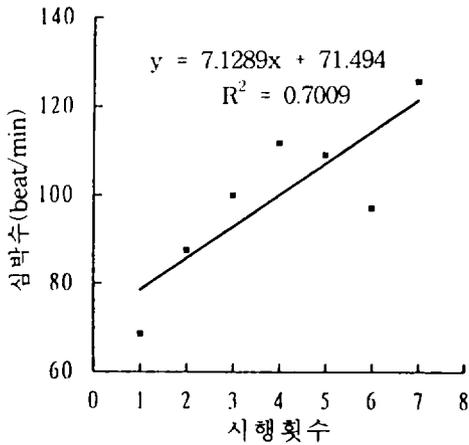


중간지대에서 젖산회복율

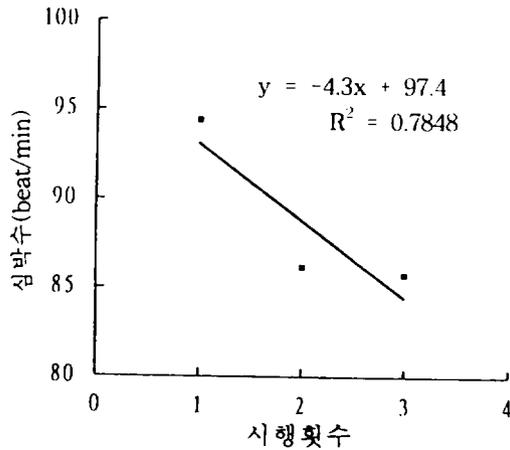


〈부록-5〉 중간지대에서 심박수 증가율 및 회복율

중간지대에서 심박수 증가율

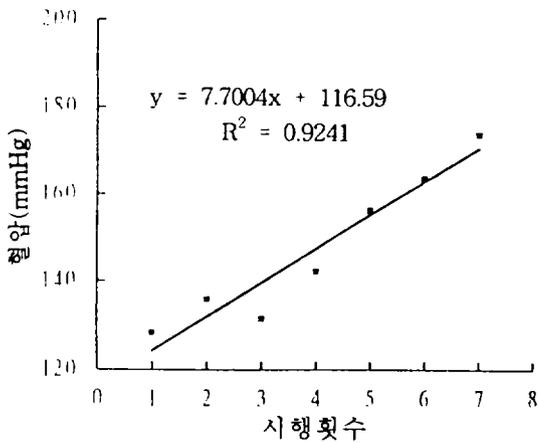


중간지대에서 심박수 회복율

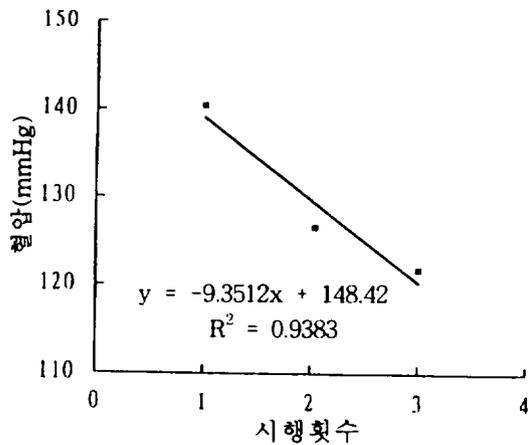


〈부록-6〉 중간지대에서 수축기혈압 증가율 및 회복율

중간지대에서 수축기혈압 증가율



중간지대에서 수축기혈압 회복율



〈부록-7〉 점증적 부하기동안 평지·중간지대·고지대 훈련 결과 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압의 차이에 대한 변량분석

Source	DF	SS	MS	F-value	Pr > F
혈중젖산농도					
Model	2	35.88872260	17.94436130	4.58	0.0122
Error	110	430.53829687	3.91398452		
Total	112	466.42701947	$R^2 = 0.076944$		
심박수					
Model	2	6670.007018	3335.003509	2.83	0.0633
Error	110	129635.090327	1178.500821		
Total	112	136305.097345	$R^2 = 0.048934$		
혈압(수축기)					
Model	2	5066.790084	2533.395042	3.15	0.0469
Error	110	88595.847084	805.416792		
Total	112	93662.637168	$R^2 = 0.054096$		

〈부록-8〉 회복기동안 평지·중간지대·고지대 훈련 결과 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압의 차이에 대한 변량분석

Source	DF	SS	MS	F-value	Pr > F
혈중젖산농도					
Model	2	76.91425778	38.45712889	22.15	0.0001
Error	42	72.91940000	1.73647619		
Total	44	149.83365778	$R^2 = 0.513331$		
심박수					
Model	2	2746.177778	1373.088889	6.47	0.0035
Error	42	8911.733333	212.184127		
Total	44	11657.911111	$R^2 = 0.235563$		
혈압(수축기)					
Model	2	107.777778	53.888889	0.09	0.9106
Error	42	24106.133333	573.955556		
Total	44	24213.911111	$R^2 = 0.004451$		