
석사학위청구논문

훈련장소에 따른 혈중젖산농도, 심박수
및 혈압의 변화에 관한 연구

지도교수 이 창 준



제주대학교 교육대학원

체육교육전공

고 영 호

1996년 8월

훈련장소에 따른 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압의 변화에 관한 연구

지도교수 이 창 준

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함.

1996년 6월 일

제주대학교 교육대학원 체육교육전공

제출자 고 영 호



고영호의 교육학 석사학위 논문을 인준함.

1996년 7월 일

심사위원장	金 鐵 元
심사위원	金 成 奎
심사위원	李 世 衡

목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구 목적	3
3. 연구 가설	3
II. 이론적 배경	4
1. 유·무산소성 과정	4
2. 무산소성 역치	6
3. 혈중젖산 제거	7
4. 평지과 고지대에서의 운동 수행력	8
5. 고지대의 생리적 반응과 순화	9
6. 고지적응과 관련한 선행연구	11
III. 연구 방법	15
1. 연구 대상	15
2. 평지, 중간지대, 고지대에서 훈련 방법	15
3. 실험 절차	20
4. 자료 처리	22
IV. 연구 결과	23

1. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 혈중젖산축적을 및 회복을 변화	23
2. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 심박수 증가율 및 회복을 변화	25
3. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 수축기혈압 증가율 및 회복을	27
4. 평지, 중간지대 및 고지대 훈련결과 생리적 변화에 대한 효과	30
V. 고 찰	32
1. 혈중젖산농도의 변화	33
2. 심박수 변화	36
3. 혈압의 변화	38
VI. 결 론	41
參 考 文 獻	42
ABSTRACT	46
부 록	48



표 차례

표 1. 피검자의 신체 특성	15
표 2. 평지에서의 훈련 계획	17
표 3. 중간지대에서 훈련 계획	18
표 4. 고지대에서의 훈련계획	19
표 5. 측정용구	20
표 6. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서의 젖산축적을 및 회복율변화	24
표 7. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서의 심박수증가율 및 회복율변화	26
표 8. 점증적 부하기동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 수축기혈압증가율 및 회복율변화	29



그림 차례

그림 1. 크랩스 회로	5
그림 2. 실험장면 에르고메타 부하 및 혈중 젖산 농도 측정	21
그림 3. 점증적 부하방법	22
그림 4. 고지대에서 젖산축척율 및 회복율	25
그림 5. 고지대에서 심박수 증가율 및 회복율	27
그림 6. 고지대에서 수축기 혈압 증가율 및 회복율	29



I. 서 론

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 평지에서 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 보고했다. 잘 훈련된 선수에 있어서 해발 수준에서 300m씩 위로 올라

갈 때마다 2%의 최대산소섭취량은 감소하며, 시합에 앞서 고지대에 생활하는 것이 유리한 것으로 알려져 왔고, 많은 연구자들에 의해 지지되어 왔다.

공응대(1993)는 신체 수행 능력은 해수면보다 높은 지역에서는 감소한다고 전부터 알려져있으며, 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.

장(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 변하였다고 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 고지에서의 훈련에 적응을 하므로써 심폐기능에서의 변화가 있음을 알 수 있지만, 같은 운동강도라면 고지에서의 적응으로 평지에서 보다 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·무산소역치 수준에서의 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 적응 훈련 및 운동프로그램에 따른 훈련 처방을 각 15일간씩 실시한 뒤 고지대 훈련의 적응 효과를 알아보는 데 그 목적이 있다.

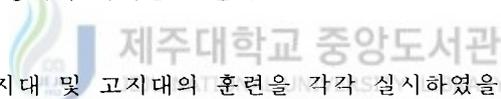
3. 연구 가설

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 수축 기혈압 평지와 차이를 보일 것이다. ($P>0.05$)



II. 이론적 배경

1. 유·무산소성 과정

1) 무산소성 과정

(1) ATP - PC 시스템

APT를 합성하는 데 일차적으로 이용되는 저장연료는 크레아틴인산(PC)이다. 크레아틴인산 역시 인산기를 갖고 있기 때문에 이 에너지 시스템을 인원질 과정이라고 한다. 근수축활동 중 APT가 ADP와 Pi로 분해되는 것과 거의 동시에 크레아틴인산이 분해된다. 크레아틴과 인산의 결합이 분해되면서 방출되는 에너지는 ADP와 Pi를 결합시켜 APT를 합성하는데 이용된다.

또한, Pi와 크레아틴으로부터 크레아틴인산(PC)을 재합성하는 과정은 APT를 분해하여 얻는 에너지에 의해 이루어진다. 그러나 그 과정은 운동이 끝난 회복기에 이루어진다.

(2) 젖산 시스템 (무산소성 해당과정)

근육내에서 APT를 재합성할 수 있는 다른 하나의 무산소성 방법은 탄수화물이 초성 포도당으로 분해되면서 에너지를 방출하는 무산소성 해당작용이다. 이 과정은 아직 산화작용이 진행되기 전이며 대체로 세포내 저산소증 상태에서 APT 소요량이 많아질 때 해당작용만이 급속히 진행되어 근육에 젖산을 생성시키게 된다. 이 시스템은 산소와 관련되지 않고, 젖산 축적을 유발한다고 하여 이 방법을 무산소성 해당작용 또는 젖산 시스템이라고 한다. 운동 중 근육에 젖산이 과도하게 축적되면 운동능력을 제한한다.

2) 유산소과정

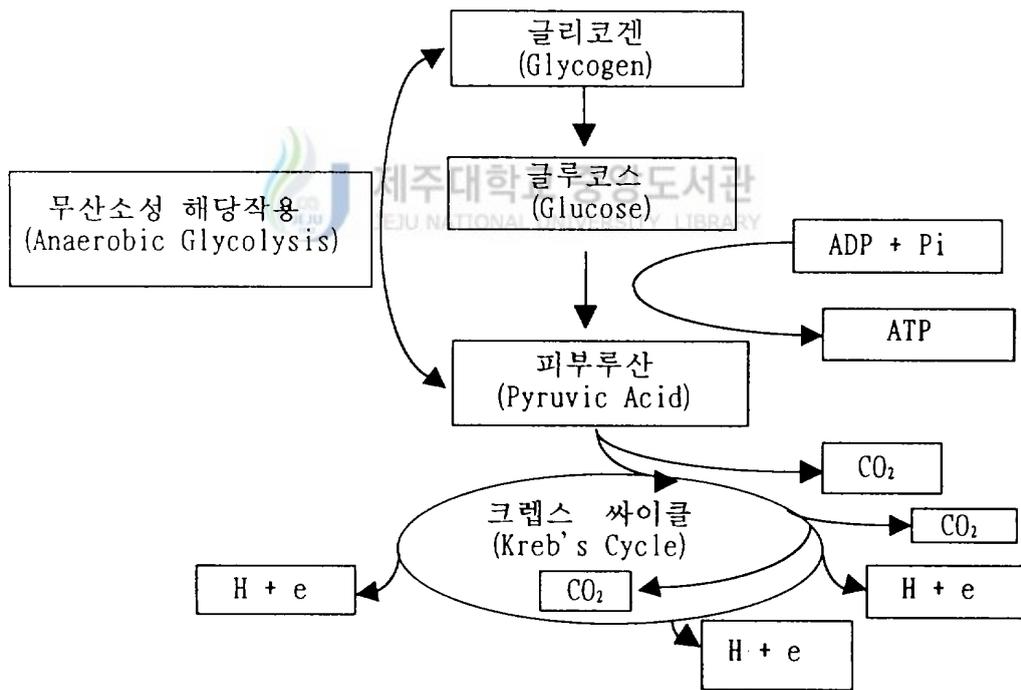
유산소 시스템의 다른 형태는 분해시에 요구되는 음식의 종류와 관계가 있다는 것이다. 글리코젠 뿐만 아니라 지방이나 단백질 등은 크랩스 회로나 전자수송 시스템으

로 알려진 화학적 과정을 거쳐 유산소적으로 분해되어 탄산가스와 물을 생성 시키면서 ATP 합성에 필요한 에너지를 방출한다. 예를 들면, 지방 256g(9온스)이 분해될 때 130몰의 ATP가 생성된다. 운동시 단백질을 제외한 글리코겐이나 지방은 ATP에너지 생성에 중요한 자원이다. 유산소 시스템에 관련된 화학반응은 수백 가지에 이른다. 그러한 반응을 하나하나 검토할 수는 없지만 크게 나누어 ①유산소성 해당작용 ②크렘스 회로 그리고 ③전자수송 시스템 등의 3가지에 대해 논의하고자 한다.

(1) 유산소성 해당작용

유산소란 산소가 공급된다는 것을 의미하는 반면에 해당 작용이란 글리코겐이나 글루코스의 화학적 분해를 의미한다. 그러므로 유산소성 해당작용은 산소가 공급되면서 글리코겐이나 글루코스가 분해되는 것을 말한다. 무산소성 해당작용과 충분한 산소가 공급될 때 일어나는 유산소성 해당작용 간에는 단 한 가지의 차이점이 있을 뿐이다. 즉 산소가 공급되는 상태에서는 젖산의 축적이 일어나지 않는다는 것이다.

그림 1. 크렘스 회로



자료 : 공응대(1993), 「운동 생리학」, 형설출판사, p.42.

(2) 크랩스 회로

유산소성 해당작용시 생기는 피루빅 산은 한스 크랩스경이 발견한 후부터 크랩스 회로로 불리우는 것으로 일련의 반응 과정을 거쳐 계속 분해된다. 이 중대한 발견으로 말미암아 크랩스경은 1953년 노벨상을 수상하였다. 이 회로는 3카르복실릭산 회로라고 불리기도 했다. 크랩스 회로를 거치는 동안 2가지, 즉 탄산가스 생성과 산화전자의 제거의 주요 화학적 변화가 일어난다.

화학적으로 산화된 화학적 합성물로 전자를 제거하는 것을 의미한다. 이럴 경우 전자는 피루빅산 혹은 그 앞 단계인 글리코젠에게 생성된 탄소원자로부터 수소원자 H 형태를 제거하는 것이다. 크랩스 회로에서 탄산가스의 생성과 전자의 제거는 다음과 같이 이루어진다. 즉, 피루빅산은 탄소, 수소 및 산소를 포함하고 있다. 여기에서 수소가 제거되면 탄소와 산소만 남게된다. 그래서 크랩스회로는 (그림 1)과 같이 되식될 수 있다.

(3) 전자 수송 시스템

글리코젠의 분해가 계속되는 동안 크랩스 회로에서 제거되는 수소이온과 전자와 우리가 호흡하는 산소로부터 부산물인 물이 생성된다. 물이 생성되는 일련의 특수한 반응을 전자수송 시스템 혹은 호흡연쇄라고 한다. 전자수송 시스템에서는 수소이온과 전자가 일련의 효소반응을 거쳐 전자수송체에 의해 산소로 수송된다. 이러한 일련반응의 부산물이 물이다.



2. 무산소성 역치

젖산은 무산소성 해당작용의 최종 산물로서 근통증과 피로의 원인이 되는 물질이다. 우수한 지구성 선수의 특성은 높은 수준의 최대산소섭취량뿐만 아니라, 혈중 젖산이 크게 축적되지 않고 높은 % $\dot{V}O_{2max}$ 수준으로 장시간 운동할 수 있다는 점이다. 사실상, 과도한 젖산의 축적없이 높은 수준의 강도로 운동할 수 있는 능력은 장거리 경주에서 수행력을 결정짓는 가장 유력한 지표이다. 운동시 혈중 젖산의 변화 양상은 손끝이나 컷볼에서 약간의 혈액 샘플을 채취하여 분석함으로써 살펴볼 수 있다. 운동중 혈중 젖산의 농도는 무산소성 해당과정에 의한 젖산 생성율이 증가할 때 뿐만 아니라, 혈중 젖산의 제거율이 감소되거나, 또는 에너지원으로서 젖산의 이용이 감소될 때 증가하게 된다.

최대산소섭취량과 함께 최대산소섭취량의 보다 높은 비율로 운동 할 수 있는 능력이 장거리 지구성 종목의 수행능력을 결정하는 가장유리한 지표이다. 이러한 능력은 점진적인 운동부하시 환기량, CO₂ 배출량 및 혈중 젖산농도를 측정하여 평가할 수 있다. 즉, 점진적부하운동시 혈중 젖산 농도가 4mmol/l 에 이르는 시점에서 급격하게 상승하는 양상을 보이는데 이 시점을 젖산역치라고 한다. 젖산역치와 동시에 또는 약간 뒤이어서 환기량이나 이산화탄소 배출량이 직선적인 증가 양상에서 벗어나 급격히 증가한다. 이 시점을 젖산역치에 대한 환기역치라고 한다. 젖산역치 및 환기역치가 발생하는 원인을 운동부하의 증가와 함께 어느 시점에서 무산소성 에너지 대사가 시작되기 때문이라 생각하여 그 시점을 무산소성역치(anaerobic threshold : AT)라고 한다. (김성수 등 1995)

3. 혈중젖산 제거

혈액과 근육 내에 젖산이 축적되면 일시적인 근피로를 야기시키게 된다. 따라서 에너지 생산에 젖산 시스템이 크게 작용하는 운동 경기종목으로부터 완전 회복하는데에는 근육과 혈액 내의 젖산 제거가 매우 중요하다.

체내에서 젖산 제거 속도를 측정하기 위해 각 운동구간 사이마다 5분의 휴식을 하며 1분 간 자전거 에르고메터를 5회 탄 피검자를 대상으로 얻은 것이다. 회복기 중에 피검자들은 자전거 위에서 앉아 쉬게 하여 측정한 결과 축적된 젖산의 대부분이 제거되는데 최소한 1시간이 필요하다. 트레드밀에서 탈진할 때까지 달린 후에도 비슷한 시간이 필요하다. 이는 최대 운동 후 젖산의 약 95%가 안정성 회복을 하는 1시간 15분 내에 제거될 것임을 의미한다. 한편, 젖산이 비교적 적게 축적되는 최대하 운동 중에는 젖산 제거에 소요되는 시간이 짧은 것으로 보고했다. (강인태,1995)

운동성 회복 중 젖산 제거 속도는 회복기 전반에 걸쳐 피검자가 아무런 활동도 하지 않고 쉬는 것을 말하며 탈진적인 운동 후 회복기 동안 쉬는 것보다 가벼운 운동을 하는 것이 혈중 젖산을 보다 신속하게 제거할 수 있음이 증명되었다.

이와 같이 회복기 중 가벼운 운동을 하는 것을 '운동성 회복(exercise-recovery)'이라고 하며, 이는 오랜 기간 동안 대부분의 선수들이 실시해 온 준비 운동의 절차와 비슷하다.

젖산의 제거 방법에는 4가지로서 ① 노와 땀으로 배출 ② 글루코스/글리코겐으로

전환 ③ 단백질로 전환 ④ 산화/이산화탄소(CO₂)와 물로 전환하는 것 등이 있다.(김광희 외, 1992)

4. 평지와 고지대에서의 운동 수행력

1) 평지에서의 운동 수행력

대부분의 연구에 의하면 고지대 훈련이 저지대에서의 운동 수행력을 향상시키지 못하는 것으로 밝혀졌다.(Hansen.1967, Maher.1975) 여섯명의 고등학교 중거리 선수가 3090m(10,135ft)고지에서 17일간에 걸쳐 6번의 최대 트레드밀 운동을 실시했다.(Dill.1971) 이들 피험자는 고지 노출 전후에 평지에서 분당 최대 산소 소비량을 측정받았다. 고지 노출 전에 비해 노출 후에 분당 최대 산소소비량이 4.2%증가되었다. 그러나 이러한 현상이 고지 노출에 의한 영향인지, 트레드밀 운동의 반복에 의한 것인지 또는 두가지 모두에 의한 영향인지 분명하지 않다. 그래서 더욱 통제된 조건하에서 실험이 다시 실시되었다.(Adams.1975) 12명의 중거리 선수가 연령, 분당 최대 산소 소비량 및 2마일달리기 기록에 의해 두 그룹으로 나누어졌다. 한 그룹은 2300m(7544ft)에서 해수면 분당 최대 산소 소비량의 75%강도로 3주간 훈련을 실시했으며 나머지 한 그룹은 같은 강도로 저지대에서 훈련했다. 3주후 장소를 서로 바꾸어 같은 훈련을 실시했다. 이 실험을 통해 고지 노출 없이 저지대에서 훈련한 효과가 고지 훈련 자극 효과와 직접 비교될 수 있었다.

고지 노출 후 2마일 달리기 기록은 저지대에 비해 7.2%저조했다. 고지 노출 후 해수면으로 돌아와서 측정한 결과는 고지 노출 전의 결과와 유의한 차이가 없었다. 2300m(7544ft)고지에서 유산소 파워는 17.4%감소되었다. 두 그룹의 두 곳에서의 분당 최대 산소 소비량을 비교한 것이다. 적응된 선수의 경우 훈련과 저 산소 노출을 병행하는 것이 트레이닝만 실시하는 것보다 더 나을 것이다.

2) 고지대에서의 운동 수행력

1968년 멕시코 시티 올림픽 경기시 사전 고지 순응 훈련이 필요한지 관심이 집중되었다.그 당시 미국 올림픽 육상팀은 멕시코 시티와 비슷한 높이의 콜로라도 고지에서 훈련을 실시했다. 이러한 방법이 분명히 효과적이었는가. 9명의 스웨덴 올림픽 선수는 멕시코 시티의 기압과 동등한 기압의 저압실에서 훈련을 실시하였다.(Saltin.1966) 예

상되는 바와 같이 유산소 파워가 유의하게 감소되었다. 따라서 고도의 유산소 능력을 요구하는 모든 종목이 멕시코 시티에서 저조한 기록을 나타냈을 것이라고 가정할 수 있다. 미국 연구자들은 멕시코 시티와 같은 높이의 고지에서 2분 이상의 시간을 요구하는 모든 종목의 기록이 5-6% 저조했다고 밝혔다.(Faulkner.1967) 시간이 적게 요구되는 무산소성 종목은 고지의 영향을 받지 않았을 것이다.

고지대 운동 수행력에 관계된 문제로서 농구과 같이 유산소, 무산소운동이 혼합된 경기에 미치는 영향을 들 수 있다. 고지에서는 최대하 유산소 운동중에 더욱 많은 젖산이 생성되는 것으로 알려졌다.(Sutton.1977) 산소 부채의 차이는 일반적으로 인식하고 있는 것보다 더욱 문제가 된다. 1000m고지에 거주하다가 2200m(7200ft)고지에 경기차 들린 농구팀의 실험결과 유산소 파워가 감소되지 않았다.(Noble.1979) 그 팀은 1000m고지에서조차 매우 우수한 파워를 나타내지 못했지만 고도로 훈련된 상태였던 것은 사실이다. 잘 훈련된 선수의 경우, 그들의 심폐계가 고지에서 쉽사리 고통을 겪지 않을 수 있다. 농구는 장거리 달리기와 같은 고도의 유산소성운동이 아니라 이들 선수의 경우 고지에서 문제시되는 요소는 무산소성이다. 이 점이 흥미있는 연구 과제가 될 수 있다.

멕시코 시티 올림픽 결과 스포린트 종목의 29%에서 세계신기록이 수립되었다는 것은 흥미있는 사실이다. 1분 이상 지속된 경기의 3%와 4분 이상 지속된 경기의 8%가 기록면에서 저조했다. 장기순응도 중요한 요인이 될 수 있다. 10,000m종목의 1위에서 5위까지가 고지 태생이거나 고지에서 여러해 동안 순응되어 온 사람들이었다. 그러나 이러한 발견이 저지대 거주자들이 고지 훈련을 지지한다거나 장기순응이 분명히 유리하다는 것을 뜻하는 것은 아니다.

5. 고지대의 생리적 반응과 순화

고지환경에서 운동을 수행할 때 가장 큰 문제점은 산소분압(PO_2)이 감소하여 충분한 산소를 받아들일 수 없다는 점이다. 따라서 해발 3,000m에서는 산소분압이 109mmHg로 낮아짐에 따라 헤모글로빈의 산소포화도는 평지의 97%에서 90%로 감소하게 된다. 그러므로 고지의 환경에서의 경기력은 난거리를 전력 질주하는 경기 또는 무산소적 신체활동은 고지환경에 의해 큰 영향을 받지 않는다. 이러한 종목은 인체의 산소 운반 계통에 크게 의존하지 않기 때문에 고지대 환경의 영향을 상대적으로 적게

받는 것으로 생각된다. 한편, 유산소성 에너지 생성이 중요한 역할을 하는 지구성 종목일수록 고도의 변화에 따른 영향을 크게 받게 된다. 유산소성 에너지 생성에 크게 의존하는 종목일수록 고지환경에 따른 영향을 크게 받으며, 고도가 높아질수록 경기력은 감소하게 된다. 지구성 종목의 경기력 저하는 최대 산소섭취량의 감소와 거의 비례한다. (김성수 외 1995)

고지대 환경에서는 산소분압의 저하로 인해 평지와 동일한 양의 산소를 섭취하기 위해서는 더 많은 공기를 들여마셔야 한다. 최대산소섭취량이 감소하게 되는데, 이것은 특정한 운동부하로 운동할 때 평지보다 더 높은 상대운동강도(% $\dot{V}O_{2max}$)로 운동하게 됨을 말한다. 따라서 평지에서와 같은 일을 하더라도 더욱 힘들게 느껴질 것이다.

일반적으로 해발 1,200m ~ 1,500m 이상의 고도에서 최대 산소섭취량의 감소현상이 나타난다. Buskirk 등(1967)은 최대 산소섭취량이 1,500m 이상에서는 300m 당 약 3.2% 정도가 감소된다고 하였다. 따라서 해발 4,300m 의 고도에서 최대 산소섭취량은 27% ~ 30% 정도 감소하게 된다.

고지대 환경에서는 최대하 운동시 심장의 1회 박출량은 평지와 차이가 나타나지 않는다고 보고되고 있으나 확실하게 밝혀진 것은 아니다. 심박수는 동일한 운동부하에 대해 평지보다 증가한다. 고지대에서의 심박수 증가는 혈중 산소분압의 감소를 보상하기 위한 반응으로 생각되고 있다. 최대운동시에는 심장의 1회박출량에는 변화가 나타나지 않지만, 최대 심박수는 감소되는 양상을 보인다. 이에 따라 최대 심박출량 역시 감소한다고 알려지고 있다. 혈중 산소분압의 감소와 함께 최대 심박출량의 감소는 최대산소섭취량 저하의 원인이 된다. 하지만, 고지대 환경에서의 심박출량과 1회박출량의 변화는 연구자간에 많은 이견이 존재하며, 그것은 운동을 수행하는 고도가 제각기 다르며 대상자의 체력수준이나 운동수행 방법, 심박출량의 측정방법 등 많은 변인이 작용하기 때문으로 생각된다.

운동 초기에 발생하는 산소 부족은 평지보다 고지대에서 크게 된다. 고강도의 운동을 수행할 때 근육 및 혈중 젖산 농도는 평지에서보다 고지대에서 더 높게 나타난다. 이는 다량의 산소가 요구되는 격심한 운동시 고지대 환경하에서는 산소공급의 저해로 인해 상대적으로 무산소성 과정에 대한 의존도가 높아지기 때문인데, 이는 조기 피로가 발생하는 원인이 된다.

고지대에서의 적응 훈련시 고려해야 할 가장 중요한 사항은 훈련을 수행하는 고도

와 훈련기간이다. 고지 훈련에 따른 생리적 적응을 기대할 수 있는 최소한의 고도는 1,500m라고 할 수 있다. 또한 효과적인 훈련을 수행하기 위해서는 가급적 3,000m 이하에서 적응훈련을 하는 것이 바람직하다. 그이상의 고도에서는 헤모글로빈의 산소포화도 및 동맥혈의 산소분압이 급격히 낮아지고 그 결과 격렬한 운동은 물론이고 중정도의 운동도 오래 지속할 수가 없다. Daniels 등(1970)은 고지훈련에 따르는 적응효과가 평지에서 5 ~ 11일 까지 유지된다는 사실을 바탕으로 고지대와 평지에서 교대로 머무르면서 행하는 훈련이 시간적, 경제적인 이점과 함께 고지대 훈련에 따른 충분한 적응 효과를 거둘 수 있을 것으로 제안하였다. 즉, 고지대에서 7 ~ 14일간, 평지에서 5 ~ 11일간의 훈련을 교대로 반복함으로써 충분한 고지대 적응의 성과를 거둘 수 있다고 하였다. (김성수 등, 1995)

6. 고지적응과 관련한 선행연구

평지와 고지대에서의 산소분압의 영향으로 고도가 높아감에 따라 신체활동을 수행할 수 있는 능력에서 많은 제약을 받게 된다. 산소분압의 차이로 인해 고도가 높을수록 영향은 더욱 더 심하며 5000피트 이상에서 매 1000피트 상승할 때마다 최대 산소 소비량(maxVo₂)으로 측정되는 지구성 능력이 3-3½% 감소한다. 그러나 순간적인 적응으로 인해 신체운동능력면에서 제약을 받지만 장기간 적응을 하면 고지에 순화하려는 현상이 나타나는 데 순화(Altitude Acclimatization)는 고도에의 지속적인 노출에 의해서 나타내며 수행력을 증진시키는 일정한 생리적 적응을 말한다. 순화가 되지 않은 사람의 경우 18,000피트(4588m) 이상에서는 산소가 따로 더 필요하다. (성동진, 1989)

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

국내 생리학자로는 이경제 등(1983)는 히말리아 등반을 실시하는 대학생 군을 대상으로 고지에 따른 인체생리의 변화 및 체력 요인의 변화에 대해 보고했다.

고지순화(Altitude Acclimatization)를 위해 고지에 있는 기간이 길수록 운동수행(performance)능력이 더 향상되지만 고지에 머무는 동안의 운동기능의 향상은 순화를 통해 일어나는 것이다. 순화에 필요한 기간은 고도의 높이에 달려 있으며, 9,000피트

일 경우 약 7-10일이 걸리고, 12,000피트일 경우 약 15-21일이 걸리며, 15,000피트면 21-25일 정도가 소요된다.

미시간-펜실바니아 주립대학의 고지적응의 연구를 위해 12명의 선수들을 대상으로 5주-6주간의 기단동안 고도훈련을 시켰다. 이 연구결과 첫째 모든 운동 능력이 해수면에서 만큼 좋지는 않다는 것, 둘째 운동 능력의 감소가 경기 시간과 관련이 있다는 것, 셋째 1마일 경기에서와 같이 2-3마일 경기가 순화로 향상되지 않는다는 결과 보고를 볼 때 고도(7,500feet)에서의 신체 운동 능력 특히 유산소성 과정에 크게 의지하는 신체 운동이라면 손상될 것이고, 순화로써 향상 개선되지 않는다는 것을 암시해준다. (Astrand, P., Rodahl, K. 1986)

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

Fredrick등(1975)에 의하면 고지대에 신체를 노출한다는 것은 운동능력에 직간접적으로 영향을 미치게 된다. 예로서 2100m의 고지대에서 육상경기시 해면에서 보다 기록이 4분이상 감소하게 되고, 감소된 운동능력은 그 원인이 최대산소섭취량의 감소에 의한 것으로 보고했다. 잘 훈련된 선수에 있어서 해발수준에서 300m씩 위로 올라갈 때마다 2%의 최대산소섭취량은 감소하며, 시합에 앞서 고지대에 생활하는 것이 유리한 것으로 알려져 왔고, 많은 연구자 들에 의해 지지되어 왔다.

김기진 등(1995)은 국내 고지환경의 특성을 분석하기 위하여 선정된 세 장소(함백산, 지리산, 한라산)에서 고등학교 사이클선수를 현지에 파견하여 자전거 에르고메타 상에서 운동수행시 나타난 호흡개스변인(산소섭취량, 환가량), 심박수, 혈중젖산농도 등의 변화를 측정하여, 동일한 내용의 운동수행을 평지에서 수행했을 때 나타난 결과와 비교 분석하였다. 함백산 테스트결과 점증적인 운동시 운동단계중 10분 및 12분의 혈중젖산농도 및 심박수는 고지가 평지보다 높은 결과를 나타냈다. 이에 반해서 최대산소섭취량과 올 아웃까지의 운동지속시간은 고지가 평지보다 낮은 것으로 나타났다. 지리산 및 한라산에서 실시한 점증적 최대운동시의 변화는 평지 및 고지간의 현저한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 지리산인 경우 운동단계중 14분대에 평지보다 다소

높은 혈중젖산농도를 나타냈으며 올라옴까지의 운동지속시간이 다소 짧은데도 불구하고 혈중젖산농도 최고치는 오히려 높은 것으로 나타났다. 그러나 고지환경에 의한 전체적인 제한적 영향의 정도가 함백산에 비해서 미약한 것으로 나타났다. 이것은 이들 지역에서 실험이 수행된 높이가 1,000m로서 다소 낮은 영향에 의한 것으로 간주된다. 이상의 결과에서 국내 고지대의 경우 그 높이에서는 다소 부족한 수준에 해당하지만, 고지환경적 특성에 의한 심폐기능을 중심으로 한 운동수행능력의 제한효과를 나타낼 수 있는 것으로 보고되고 있다.

강인태(1996)은 중학교 중장거리 선수들을 대상으로 고지훈련을 통한 중장거리 선수의 생리적 변화를 규명하기 위해 사전(평지), 고지훈련, 사후(평지)에서의 생리적 변화를 점증적 부하기 동안 혈중젖산농도의 변화, 수축기혈압 및 이완기혈압의 변화, 심박수 변화, 최대 산소 섭취량, 최대하 부하수준, 최대하 부하수준 도달 시간에서의 차이를 비교 분석한 결과 점진적 부하기 동안 혈중젖산농도를 분석한 결과 $F(2,258)=3.22$ 로 $P<0.041$ 수준에서 지구성 능력은 사전의 경우보다 고지훈련을 하였을 경우가 평균 9.50%, 사전보다 사후의 경우가 12.88%의 증가하였고, 심박수는 사전의 경우보다 고지훈련을 하였을 경우와 다시 평지에서 적응하는 동안 동일한 훈련 강도를 가하였을 경우 고지훈련의 효과가 $F(2,255)=8.72$ 로 $P<0.001$ 수준에서 통계적으로 유의하였다.

회복기동안 혈중 젖산 농도가 고지훈련의 경우에 사전보다 뚜렷한 회복율을 나타내었고 사후 역시 고지훈련의 결과로 회복율에서는 사전과 큰 차이를 나타내어, 고지훈련의 효과가 $F(2,78)=6.39$ 로 $P<0.002$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 보고했으며, 심박수의 경우 고지훈련의 결과로 사전의 경우보다 훨씬 빠르게 회복경향을 나타내었음이 $F(2,78)=11.34$ 로 $P<0.001$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났고, 1차, 2차, 3차 회복 기간의 회복율은 서서히 이루어졌다고 보고했다.

이상과 같이 고지대에서의 적응 및 순화과정을 겪는 가운데 신체적 및 생리적 변화를 알아보기 위해 다양한 실험집단을 대상으로 연구한 결과를 종합하면 각 연구자들 마다의 약간씩 견해의 차이를 보였지만, 일반적인 결과는 평지에서 보다 고지대에서의 훈련에 적응을 하므로써 심폐기능에서의 변화가 있음을 알 수 있지만, 같은 운동 강도라면 고지에서의 적응으로 평지에서 보다 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 유무산소역
치수준에서의 변화에 대한 선행연구는 거의 없는 실정이다.



Ⅲ. 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 Preasure (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 127.94mmHg, 평균 기온은 18.6℃였다. 평균 일조양은 평지에서 평균 7.23시간, 고지대

에서 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 훈련 장소별 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 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 (무릎가슴닿기회10회+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	 제주대학교 중앙도서관 SEJON NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY 준비운동 400m x 20회 2대2, 3대3, 5대5 system (무릎가슴닿기회10회+30m dash+팔굽혀펴기 20회+50m dash+복근운동 30회) x 5회 shooting 400m x 10회 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	10분	제주대학교 운동장
	400m x 15회	25분	
	4대2, system (부분별, 공·수)	30분	
	centering - shooting	30분	
	one - turch game	30분	
	400m x 5회	15분	
	15m x 5회	10분	
	복근운동	20분	
	정리운동	10분	
	2주 일일 1set	준비운동	
400m x 15회		25분	
기본기 centering - shooting		30분	
shooting		30분	
400m x10회		20분	
30m x 5회		10분	
연습 game		30분	
400m x 5회		15분	
15m x 5회		10분	
복근운동		10분	
정리운동		10분	

표 4. 고지대에서의 훈련계획

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

3. 실험 절차

1) 실험 장비

평지, 중간지대 및 고지대 훈련에 사용되었던 측정용구는 <표 5>과 같다.

표 5. 측정용구

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

2) 실험장비의 가동

Bicycle ergonometer의 경우 오랫동안 사용하지 않은 결과로 체인 등에 낀 이물질들을 사전에 제거함으로써 기계적인 저항력을 없도록 하고, 사전에 속도계와 부하기의 정상 상태를 확인한 다음 가동하였고, 젓산분석시스템(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 젓산 농도를 측정하였다.

원격 심박수 측정기(Telegraph system)는 자전거 에르거메타 전상부에 고정을 시킨 후 임의로 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 ergonometer를 이용하여 부하를 준 방

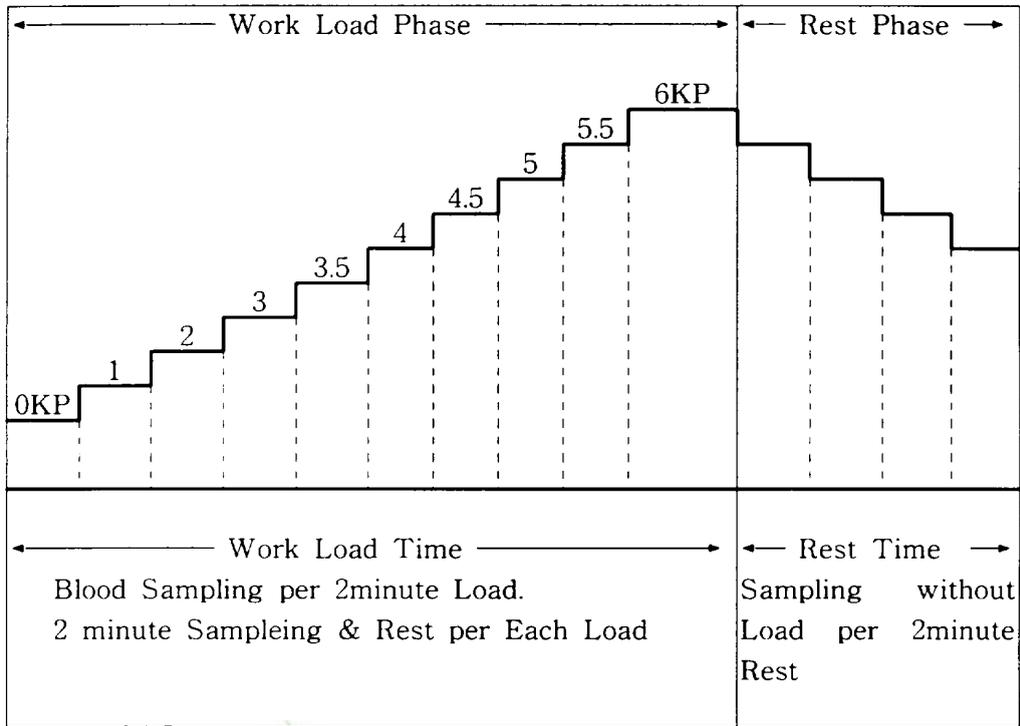
법은 (그림 2)과 같이 시작의 신호와 동시에 60rpm을 유지하도록 하여 매 2분 동안 달리게 했다. 부하 2분 후 혈중젖산농도를 측정하기 위해 피험자로부터 샘플을 채취하고, 심박수를 측정하였다. 측정 후 2분은 휴식을 취하게 한 후 1단계에서 3단계까지의 부하는 1KP씩 부하를 주다가 그 후 All-out상태까지 매번 0.5KP씩 부하를 올려가면서 같은 방법으로 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압을 측정하였다. 이러한 방법으로 모든 피검자가 All-out상태가 될 때까지 동일한 방법으로 실시하였다. 또한 All-out이후 회복기에서 역시 부하를 주지 않은 상태에서 매 2분 간격마다 3회씩 혈중젖산농도, 심박수 및 혈압을 측정함으로써 개인별 회복율을 파악하였다.

그림 2. 실험장면 에르고메타 부하 및 혈중 젖산 농도 측정



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 3. 점증적 부하방법



4. 자료 처리



평지 - 중간지대 - 고지대훈련의 3단계 훈련 결과 각 환경에서 체내의 생리적 변화 및 훈련의 효과, 회복율을 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 혈중젖산농도, 심박수, 혈압의 증가율(종속변수)에 미치는 변화를 알아보기 위해 회귀식을 통해 경향을 분석하였다.

IV. 연구 결과

본 연구의 목적에 부합되는 결론을 추출해 내기 위해 평지, 중간지대 및 고지대 훈련의 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, 전체적인 증가를 보면 무산소성 역치수준이 시작되는 4회의 58%증가를 보인 이후 부터 유산소성 운동동안 점증적으로 증가하는 현상을 보였다. 즉 무산소성 역치수준 이전까지는 거의 미세한 혈중젖산농도의 축적율을 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 축적율을 보이다가 그 이후부터 유산소성 운동수준에서 매우 높은 율로 증가하는 현상을 보였다. 이의 증가율을 나타낸 기울기는 <그림 4>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 혈중 젖산농도의 감소는 매 2분간격 마다 휴식을 통하여 무산소성 역치 수준이 보인 이후 유산소성 운동동안 점증적으로 증가하던 현상이 점차 감소하는 현상으로 나타났다. 이는 감소율을 나타낸 기울기는 <그림 4>와 같으며 각부하에 따른 혈중젖산농도의 감소율은 $R^2 = 0.9386$ 에서 $Y=-0.395x + 4.5633$ 의 회귀식을 보였으며, 부하의 감소율에 따른 혈중젖산의 감소는 하향으로 급경사에 가까운 경향을 보였다.

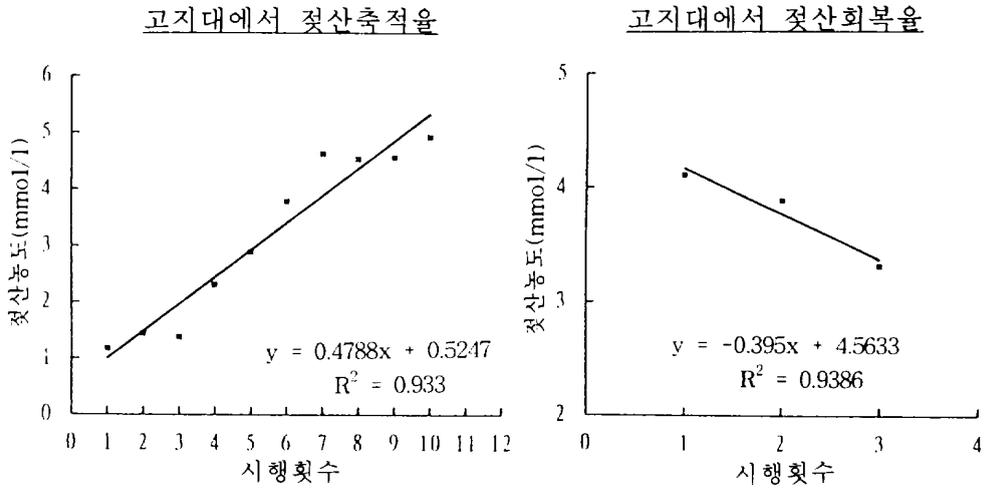
표 6. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서의 젖산축적율 및 회복율변화

(단위:mmol/l)

시행 피험자	점 증 적 부 하 기										회 복 기		
	시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	시행6	시행7	시행8	시행8	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(%)

그림 4. 고지대에서 젓산축적 및 회복을



2. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 심박수 증가율 및 회복을 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 5>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 점 증적 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.

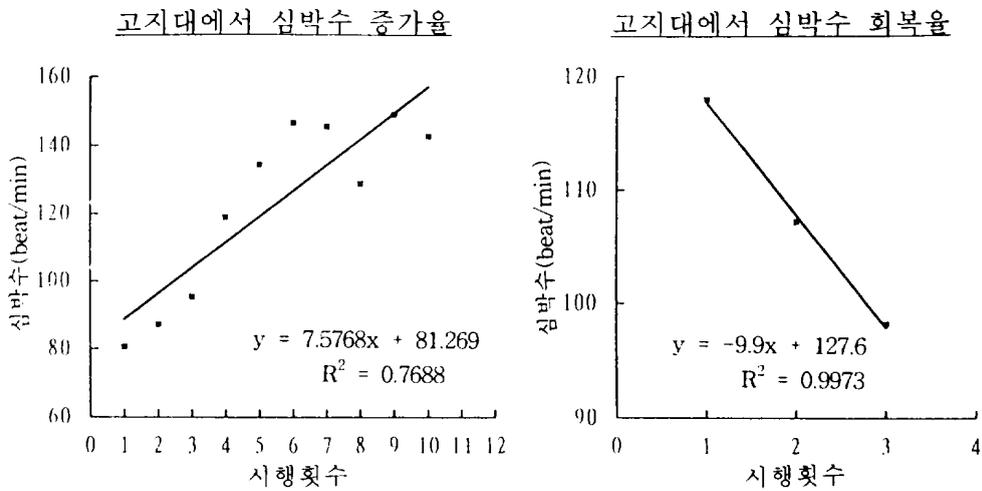
표 7. 점증적 부하기 동안 평지, 중간지대 및 고지대에서의 심박수증가율 및 회복율변화

(단위:beat/min)

시행 피험자	점 증 적 부 하 기										회 복 기			
	시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	시행6	시행7	시행8	시행8	시행10	회복1	회복2	회복3	
평지											105.2	99.00	96.60	
M	70.20	82.00	102.20	122.60	129.60	153.80	171.40				0	6.67	5.68	
SD	9.78	16.00	11.39	13.37	24.91	3.70	9.10				6.65	(-6)	(-9)	
			(-14)	(+31)	(-43)	(-46)	(+54)	(+59)						
중간지대											94.40	86.20	85.80	
M	68.6	87.60	100.00	111.80	109.20	97.20	125.67				27.28	18.11	17.09	
SD	11.41	14.88	19.89	30.78	34.13	37.45	47.88				(-9)	(-10)		
		(-22)	(+31)	(-39)	(-37)	(+29)	(+45)							
고지대											118.0	107.2	98.20	
M	80.60	87.20	95.40	119.00	134.40	146.80	145.60	128.75	149.00	142.67	0	0	14.25	
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	(-20)	
		(+8)	(+16)	(-32)	(+40)	(-45)	(+45)	(+37)	(+46)	(+44)	(-10)			

※()는 각 시행 횟수별 증가율(%)

그림 5. 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.

고지대에서 수축기 혈압 증가 및 회복은 <표 8> 및 <그림 6>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 29%의 증가율을 나타냈으며, 고지대에서 혈압의 증가율은 <그림 6>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 6>에서와 같이 매 시행횟수에 따른 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.



표 8. 점증적 부하기동안 평지, 중간지대 및 고지대에서 수축기혈압증가율 및 회복율변화

(단위:mmHg)

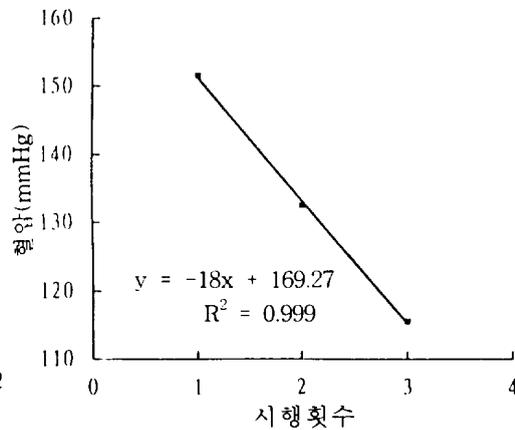
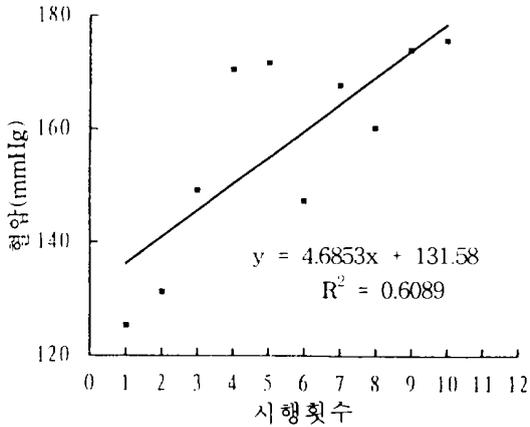
시험자	점 증 적 부 하 기										회 복 기		
	시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	시행6	시행7	시행8	시행8	시행10	회복1	회복2	회복3
평지													
M	127.40	133.40	138.80	156.80	156.60	152.40	173.60				138.2	131.2	122.6
SD	5.37	10.89	22.64	39.89	18.88	34.83	35.63				0	0	0
		(+4)	(+8)	(+19)	(-19)	(-16)	(+27)				14.15	16.41	9.29
												(-5)	(-13)
중간지대													
M	128.40	136.00	131.60	143.40	156.20	163.60	173.67				140.4	126.6	121.8
SD	11.24	15.38	16.70	14.99	15.07	16.74	36.94				0	0	0
		(+6)	(+2)	(-10)	(-18)	(+22)	(+26)				9.63	11.76	5.63
												(-11)	(-15)
고지대													
M	125.40	131.40	149.20	170.60	171.80	147.40	167.80	160.25	174.00	175.67	151.6	132.6	115.6
SD	8.49	19.42	21.64	19.31	32.82	11.82	39.11	36.12	43.41	72.42	0	0	0
		(+4)	(-16)	(+26)	(+27)	(+15)	(-25)	(+22)	(+28)	(+29)	54.09	32.75	4.28
												(-14)	(-31)

※()는 각 시행 횟수별 증가율(%)

그림 6. 고지대에서 수축기 혈압 증가율 및 회복율

고지대에서 수축기 혈압 증가율

고지대에서 수축기 혈압 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 고지적응 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 고지적응 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 나타나지 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.



V. 고 찰

제4장에서 나온 결과부분의 평지, 중간지대 및 고지대훈련의 결과를 분석하기 위해 중장거리 선수 5명을 대상으로 훈련장소별 각각 15일동안 적응 훈련에 임했을 경우에 대한 혈중젖산축적율, 심박수, 혈압의 증가율 및 회복율 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 향상되므로써 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 1,800m ~ 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 이들지역이 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 축적율을 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 각 부하에 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 축적율을 보이다가 그 이후부터 유산소성 운동수준에서 매우 높은율로 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 각 부

하에 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 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 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 수행능력과는 높은 상관관계가 존재한다는 것을 증명하였으며 마라톤 경주시 주행속도와 무산소성 역치수준에서의 속도와의 밀접한 관계가 있다는 것을 보고한 바 있으며 또한 무산소성 역치에 일치하는 주행속도는 혈중젖산축적의 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 운동능력에 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 민감하게 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 조건의 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 운동지속시간은 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-out수준에서는 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 나타나

지 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, 여남회 (1987)가 보고한 마라톤 선수 ($n=15$)들의 최대심박수는 207.20beat/min을 나타내어 본 연구에서 나타낸 평균치 (192.25 ± 7.61 beat/min)를 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 가

져오지 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 0KP에서 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 140mmHg이하의 수준에서 시작하여 부하가 감소함에 따라 기울기는 거의 하향으로 직선에 가까운 결과를 보였다.

중간지대에서 수축기혈압과 회복기에서 수축기혈압은 각 부하기동안 5명의 피험자 수축기혈압의 증가현상은 부하기 0KP에서 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 120mmHg이상의 수준에서 시작하여 부하가 증가함에 따라 기울기는 거의 직선에 가까운 결과를 보였다. 회복기에서 수축기혈압의 감소현상

은 all-out 이후부터 매 2분 간격으로 측정 결과 감소율은 1회에 대한 2회의 11%에서 3회의 15%의 감소율이 나타나며, 점차적으로 정상에 가까워 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 시행회수에 따른 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.

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 평지 수준에서와 비교할 때 유의한 차이를 보이지 못하였다.

VI. 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 올 아웃까지의 젖산축적율이 평지, 중간지대 보다 고지대에서의 회복시는 $F(2,42)=22.15$ 에서 $P>.0001$ 로서 빠른회복 보였으며, 올 아웃까지는 $F(2,110)=4.58$ 에서 $P>.012$ 로서 낮은 축적율은 유의한 수준을 보였다.

2. 평지, 중간지대 및 고지대 훈련을 각각 실시 후 심박수 회복율 및 올 아웃까지의 증가율은 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 혈압회복율 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·육정석(1992), 「運動生理學」 태근문화사.
- 김기진·정동식·안형균·최승권·김학렬(1995), "국내고지 환경에서의 운동수행시 심폐기능
관련변인 변화" 제33회 한국체육학회 학술발표회 논문집, pp.453-457.
- 김성수·정일규 (1995), 「運動 生理學」 대경출판사, pp.385-391.
- 공응대(1993), 「運動 生理學」, 형설출판사.
- 공응대(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.
- 양정옥(1990), 최대운동부하 후 심박수와 혈중젖산 농도의 회복률에 관한 연구, 한국
체육학회지 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". 한국체육학회지 제22
권(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 Vo2 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, No 4, pp. 275-279.
- Gaisl,G., Konig,H., Pessenhofer,H.and Schwabberger,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.



<ABSTRACT>

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

Ko, Young-Ho

Physical Education Major

Graduate School of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Lee, Chang-Joon

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 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

* A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education in August, 1996.

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.

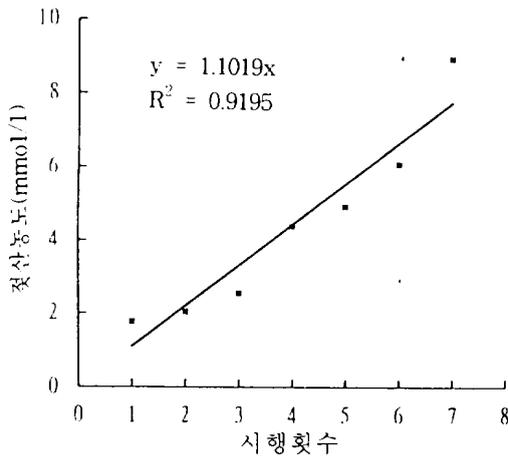
3. The systolic blood pressure did not show significant difference in $F(2,42)=22.15$, $P>0.9106$ during recovery but did show significant difference in $F(2,110)=3.15$, $P>0.046$ during increasing load phase.



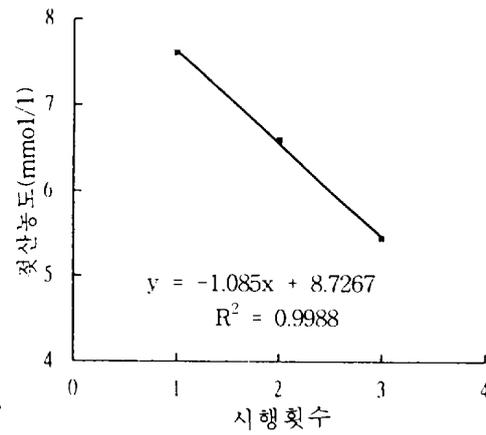
부 록

부록 1. 평지에서 젖산 축적을 및 회복을

평지에서 젖산축적율

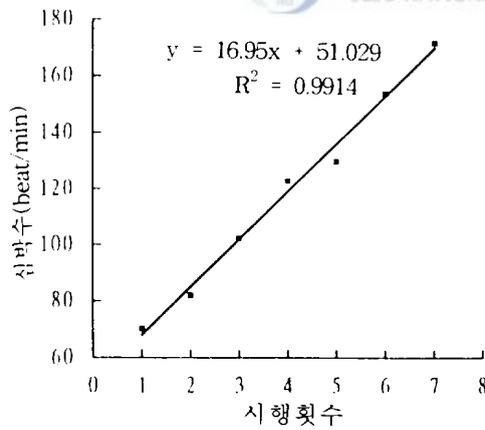


평지에서 젖산회복율

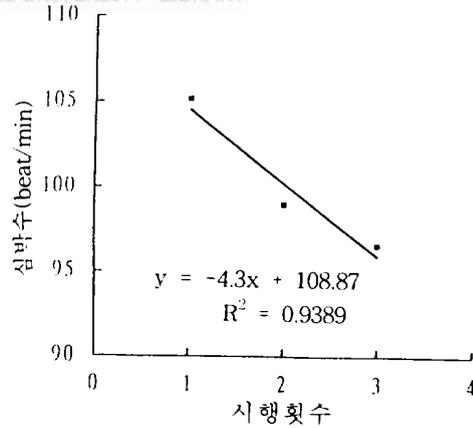


부록 2. 평지에서 심박수 증가율 및 회복을

평지에서 심박수 증가율

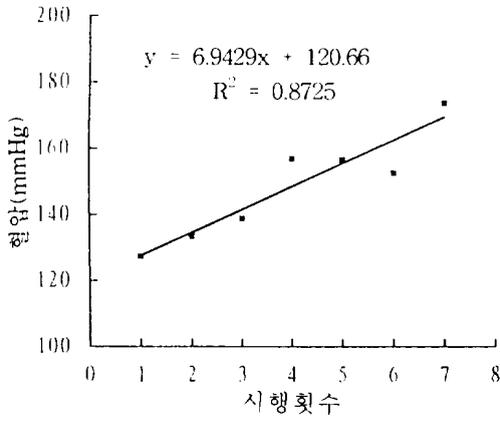


평지에서 심박수 회복율

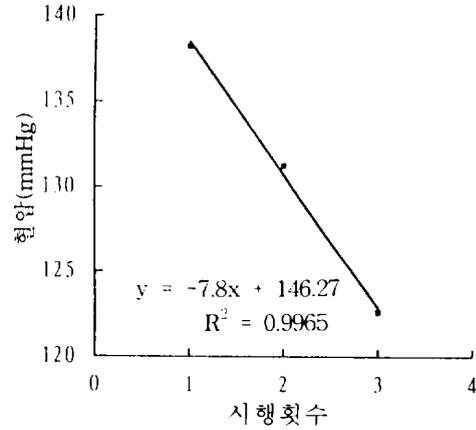


부록 3. 평지에서 수축기 혈압 증가율 및 회복율

평지에서 수축기혈압 증가율

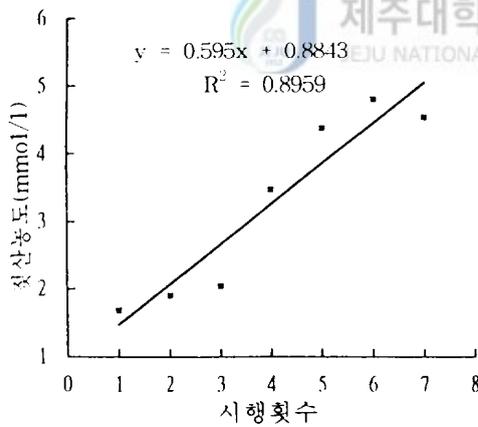


평지에서 수축기혈압 회복율

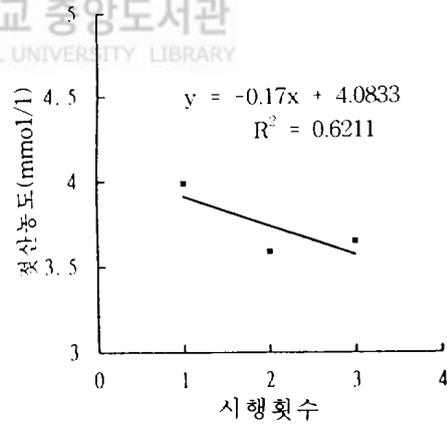


부록 4. 중간지대에서 젖산 축적을 및 회복율

중간지대에서 젖산축적율

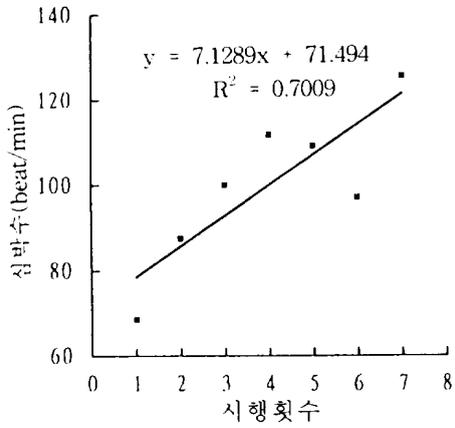


중간지대에서 젖산회복율

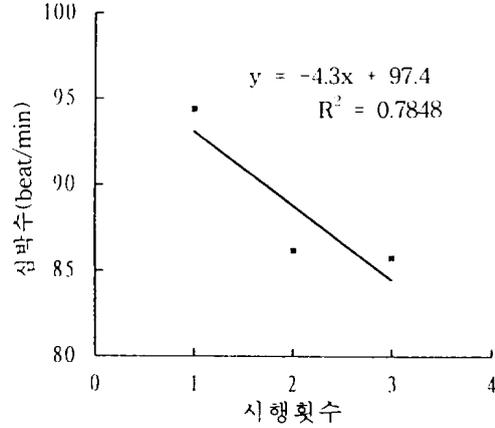


부록 5. 중간지대에서 심박수 증가율 및 회복율

중간지대에서 심박수 증가율

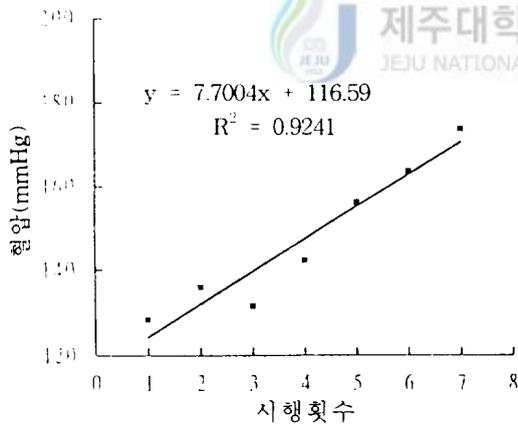


중간지대에서 심박수 회복율

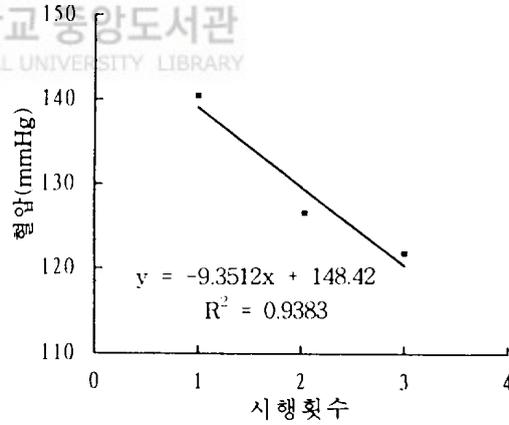


부록 6. 중간지대에서 수축기혈압 증가율 및 회복율

중간지대에서 수축기혈압 증가율



중간지대에서 수축기혈압 회복율



부록 7. 점증적 부하기동안 평지 · 중간지대 · 고지대 훈련 결과
 혈중젓산농, 심박수 및 혈압의 차이에 대한 변량분석

Source	DF	SS	MS	F-value	Pr > F
혈중젓산농도					
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 혈중젓
 산농도, 심박수 및 혈압의 차이에 대한 변량분석

Source	DF	SS	MS	F-value	Pr > F
혈중젓산농도					
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	53.8888889	0.09	0.9106
Error	42	24106.133333	573.9555556		
Total	44	24213.911111	R ² = 0.004451		