

碩士學位請求論文

高地訓練을 통한 中學校 中·長
距離 選手의 生理的 變化

指導教授：任 尙 鎔



濟州大學校 教育大學院

體育教育專攻

姜 麟 泰

1996年 2月

高地 訓練을 통한 中學校 中·長
距離 選手의 生理的 變化

指導教授 任 尙 鎔

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

1995年 12月 日

濟州大學校 教育大學院 體育教育專攻

提出者 姜 麟 泰



姜麟泰의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

1996年 1月 日

審査委員長

印

審査委員

印

審査委員

印

目 次

I. 序 論	1
1. 研究의 必要性	1
2. 研究의 目的	2
II. 理論的 背景	3
1. 運動 중 에너지 대사 체계	3
2. 運動과 心拍數	5
3. 運動과 血壓	6
4. 근육과 혈중 젖산 제거	7
5. 運動 중의 酸素 消費量	8
6. 高地訓練과 高度 純化	8
III. 研究 方法	13
1. 研究 對象	13
2. 平地 및 高地에서 訓練 方法	13
3. 實驗 節次	16
4. 資料 處理	19

IV. 研究 結果	20
1. 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果	20
2. 回復期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果	33
3. 高地訓練을 통한 중학교 중장거리 選手의 生理的 變化	38
V. 結 論	40
1. 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果	40
2. 回復期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果	41
3. 高地訓練을 통한 중학교 중장거리 選手의 生理的 變化	42
參考 文獻	43
<Abstract>	45



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

表 目 次

<표 1>	被檢者의 身體 特性	13
<표 2-1>	平地에서의 訓練 計劃	14
<표 2-2>	高地에서의 訓練 계획	15
<표 3>	측정용구	16
<표 4>	부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後의 혈중 젖산 농도	21
<표 5>	事前, 高地, 事後 訓練 후 점증적 부하에 따른 혈중 젖산 농도의 分散分析	22
<표 6>	漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後의 수축기혈압 및 이완기혈압의 變化	23
<표 7>	漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後의 수축기혈압의 分散分析	27
<표 8>	점증적 부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後의 심박수 變化	28
<표 9>	부하의 증가에 따른 심박수의 事前, 高地, 事後 訓練의 分散分析	29
<표 10>	事前, 高地, 事後의 最大 酸素 攝取量, 最大下 負荷水準, 및 最大下 負荷水準 到達 時間	31
<표 11>	事前, 高地, 事後 訓練 間의 最大 酸素 攝取量の 分散分析	32
<표 12>	事前, 高地, 事後 訓練 후 혈중 젖산 농도의 회복율	33
<표 13>	事前, 高地, 事後 訓練 후 혈중 젖산 농도의 회복율에 대한 分散分析	35
<표 14>	回復期 동안 事前, 高地, 事後의 心拍數 變化	36
<표 15>	事前, 高地, 事後 訓練 후 심박수 變化에 대한 分散分析	37
<표 16>	피검자의 事前, 高地, 事後 경기 기록	38
<표 17>	高地訓練 結果 生理的 變化가 경기력에 미치는 影響에 대한 分散分析	39

그 림 목 차

<그림 1> KREBS CYCLE	4
<그림 2> 運動 強度의 차와 심박수 궤도	5
<그림 3> 實驗場面 A. 체지방 측정 B. 에르고메타 부하 및 혈중 젖산 농도 측정	17
<그림 4> 漸增的 負荷方法	18
<그림 5> 부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後間 혈중 젖산 농도의 축적 變化	23
<그림 6> 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後의 수축기혈압 및 이완기혈압 變化	26
<그림 7> 漸增的 負荷에 따른 事前, 高地, 事後의 심박수 變化에 대한 회귀식	29
<그림 8> 회복기 동안 혈중 젖산 농도의 실험 시행 동안 회복 경향	34
<그림 9> 회복기시 심박수 變化	37

I. 序 論

1. 研究의 必要性

高地에서 人體 生理의 適應과 變化 現狀에 관한 研究는 여러 分野에서 많은 學者들에게 중요한 관심의 對象이 되어 오고 있다. 高地에 대한 研究는 고산지인들, 등반인들 및 스포츠와 관계되는 高地訓練, 항공 의학 등의 분야에서 활발한 研究를 해 오고 있다.

이에 대한 대표적인 研究 報告를 살펴보면, 1920년대 영국의 生理學者인 Josep Barcroft가 페루의 고산지대에 거주하는 고산지인들을 研究하기 시작한 이래로 반세기가 넘게 많은 學者들이 이 問題를 조사해 오고 있으며, 미국의 San Marcos 대학은 Instiute of Anden Biology를 설립하여 高地에 관한 研究를 계속하고 있다. 최근에는 펜실베니아 주립 대학이 Peru의 Nunoa에 研究所를 만들어 高地에 관한 주요한 研究를 하고 있으며, 캘리포니아 대학의 研究팀도 White Mt.에 관한 研究의 主軸 되고 있다. (이경제, 여남회,1983)

또한 Edmund Hillary경이 이끄는 동계 히말리아 등반대는 최초로 1960년 9월부터 8개월 동안 5,790m 이상에 머물면서 高度에 따른 生理學的, 醫學的 側面에서 과학적인 탐험 등반을 하여 高度 등반에 관한 주요한 자료들을 보고한 바 (L.G.C.E. Pugh, 621:1964)가 있다. 그리고 미국의 生理學者인 J. B. West가 이끄는 히말리아 등반대들도 1981년 10월에 의학적인 研究 探險을 하여 중요한 자료들을 보고하였다.

최근에 몇 가지 국제 심포지엄이 개최되어 高地에서의 身體的 運動 成績에 관한 問題가 다루어졌었다. (Weihe,1964; Luft,1964 b; Margania,1967; Goddard,1967; Jokl,1968; Roskamm et al.,1968)

한편, 스포츠와 관계된 高地 生理에 관한 研究는 1968년 2,300m의 高度에서 개최된 Mexico Olympic을 전후하여 많은 運動 生理學者들이 高地 適應 訓練 모델을 研究 보고하였다.

특히 국내 生理學者 중 이경제, 여남회(1983)는 히말리아 등반을 실시하는 대학생 군을 對象으로 高地에 따른 生理 및 體力 要因의 變化에 관한 研究를 發表하였다.

이와 같이 高地에서의 인체 生理의 적응과 變化 現狀에 관한 研究는 주로 순수 生理와 醫學적인 側面에서 행해져 오고 있어, 아직도 高度에 따른 體力 要因의 變化에 관한 研究는 그렇게 많지 않는 것으로 보인다. 이에 本 研究者는 高地訓練을 통한 중장거리 選手의 生理적 變化에 어떠한 影響을 미치는가를 比較 分析함으로써 중학교 중장거리 選手의 訓練 方法과 選手를 선발하는데 기초 자료가 될 것으로 본다.

2. 研究의 目的

本 研究는 중학교 중장거리 選手들을 對象으로 高地訓練을 통한 중장거리 選手의 生理적 變化를 규명하기 위해 다음과 같은 문제점을 밝히는데 그 目的을 두었다.

- 1) 事前(평지), 高地訓練, 事後(평지)에서의 生理적 變化를 점증적 부하기 동안 혈중 젖산 농도의 變化, 수축기 血壓 및 弛緩期 血壓의 變化, 심박수 變化, 最大 酸素 攝取量, 最大 下 부 하수준, 最大 下 부 하수준 도달 시간에서의 차이를 比較 分析 한다.
- 2) 事前, 高地訓練, 事後에서의 變化를 회복기 동안 혈중 젖산농도, 血壓, 심박수의 회복율에서 차이를 比較 分析한다.
- 3) 高地訓練의 生理적 變化가 持久性 運動 能力에 미치는 影響을 比較 分析한다.
- 4) 高地訓練을 통한 중학교 중장거리 選手의 生理的 變化가 경기력에 미치는 影響을 比較 分析한다.

II. 理論的 背景

1. 運動 中 에너지 대사 체계

ATP의 재합성 또한 에너지가 필요한데, 이 에너지를 공급하는 다음과 같은 3가지 方法이 있다. ATP합성을 위한 3가지 方法은 酸素와 관련지어 無酸素性 方法과 有酸素性 方法으로 구분한다. (정성태,1992)

1) 無酸素性 시스템

ATP를 재합성하는 3가지 대사 方法 중 앞의 2가지, 즉 ATP-PC시스템과 無酸素性 해당작용(젖산 시스템)은 無酸素性 에너지 시스템이다. 여기에 '無酸素性'이란 酸素가 관계되지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 無酸素性 대사(anaerobic metabolism)란 우리가 호흡하는 酸素를 사용하지 않고도 화학적 반응을 통하여 ATP를 재합성할 수 있다는 것을 의미한다. 無酸素性 시스템은 比較的 단순하고 신속하게 ATP를 출력하는 특징이 있다.

(1) 인원질(ATP-PC)시스템

크레아틴 인산(phosphocreatine, PC)은 ATP와 마찬가지로 근세포에 저장되어 있다. ATP와 PC는 모두 인산기(phosphate groups)를 갖고 있기 때문에 이 에너지 시스템을 인원질 시스템(phosphagen system)이라고도 한다.

(2) 젖산 시스템(無酸素性 해당작용)

근육내에서 ATP를 재합성할 수 있는 다른 하나의 無酸素性 方法은 탄수화물(포도당)이 초성 포도당으로 분해되면서(이러한 이유로 이 시스템을 젖산시스템이라고도 한다.) 에너지를 방출하는 無酸素性 해당작용(anaerobic glycolysis)이다. 이 과정은 아직 산화작용이 진행되기 전이며 대체로 세포내 低酸素症 狀態에서 ATP 소요량이 많아질 때 해당작용만이 급속히 진행되어 근육에 젖산을 생성시키게 된다. 이 시스템은 酸素와 관련되지 않고, 젖산 축적을 유발한다고 하여 이 方法을 無酸素性 해당작용 또는 젖산 시스템이라고 한다.

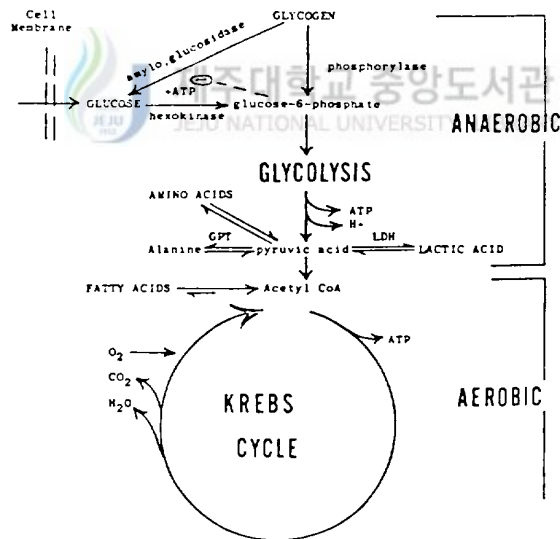
2) 有酸素性 시스템

有酸素性 에너지 시스템의 반응을 이해하기에 앞서 아세틸기(acetyl group), NAD⁺, NADH, FAD⁺, 그리고 FADH₂ 등의 생화학적 용어를 알아야 한다.

NAD⁺(nicotinamide adenine dinucleotide)와 FAD⁺(flavo adenine dinucleotide)는 수소 공여체(hydrogen donor)로서 작용한다. H⁺는 해당 작용과 크렙스 사이클 작용 중 탄수화물로부터 분리된다. 합성물로부터 H⁺이온을 제거하는 것은 산화의 한 형태이다. 합성물이 H⁺이온을 받아들이면 환원되었다고 한다. 즉, NADH와 FADH₂는 NAD⁺와 FAD⁺의 환원형이다. NADH와 FADH의 기능은 전자전달계(ETS:electron transport system)를 통해 전자를 전달하는 것이다.

<그림 1>에서 酸素가 충분한 狀態에서는 글리코겐 1 mole이 CO₂ 와 H₂O로 완전히 분해되며 39 mole의 ATP를 재합성하는데 충분한 에너지를 방출한다.(성동진,1989)

酸素 시스템의 여러 가지 반응은 첫째, 有酸素性 해당 작용(탄수화물의 경우) 둘째, 크렙스 사이클 (中野小一, 小林康孝, 1979) 셋째, 전자전달계 (electron transport system:ETS) 등 3단계로 구분된다.



<그림 1> KREBS CYCLE

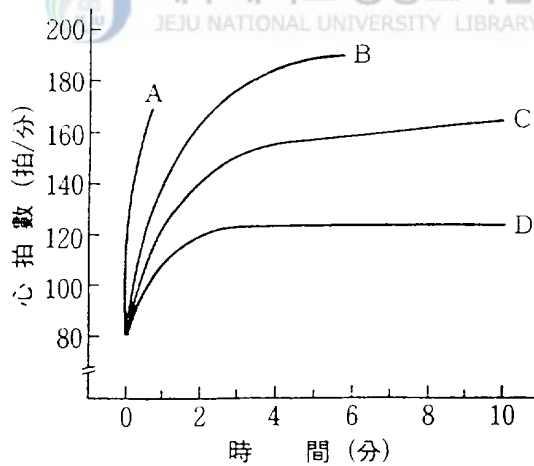
2. 運動과 心拍數

심박수는 心臟의 活動 狀態를 알기 위해 유용한 지표로 이용되고 있다. 심박수와 運動 強度를 나타내는 酸素 攝取量과는 비례 관계에 있으므로 각종 스포츠, 運動 중에 심박수를 알면 身體 活動 중에 酸素 攝取量, 또는 運動 強度를 추측할 수 있다. (福永哲夫, 1977)

심박수는 발육, 연령, 피로, 환경, 정서, 高度, 訓練, 身體 자세 등에 影響을 받는데(조성규, 1982) 안정시 身體 자세에 의한 變化의 정도는 누워 있는 자세가 가장 낮으며, 앉아 있을 때는 약간 높아지고, 선 자세가 가장 높다(김종훈, 1976)고 한다.

運動에 의한 심박수의 變化를 보면 運動을 시작하여 3~5분이 경과하면 無酸素 과정(ATP-PC system, latic system)에 의한 에너지 생성이 끝나고, 有酸素 과정(O₂ system)에 의한 에너지 대사 작용이 일어나는데, 이 때 필요한 O₂ 공급을 위하여 혈액순환이 촉진되어 보다 많은 O₂가 조직으로 운반되며, 보다 많은 CO₂가 조직에서 운반되어 나온다. 따라서 심박수(HR)가 증가하고, 1회 박출량(SV)도 증가하여, 결국 분당 심박출량(MV)이 증가하게 된다.($MV=HR \times SV$) (김진원, 1980)

運動을 행함에 따라 心臟의 活動 수준이 높아지고 심박수는 증가한다. 그 때의 심박 반응은 運動 強度의 차이에 의해서 달라진다. 運動 強度의 차이에서 볼 수 있는 심박수의 階도를 크게 나누면 <그림 2>와 같이 된다.(山地啓司, 1982)



<그림 2> 運動 強度의 차와 심박수 階도

즉, 運動 強度가 현저하게 강한 경우 심박수의 고원 狀態가 나타나지 않는 것은 물론, 최고심박수가 나타나기 전에 運動 중지가 부득이 하며 이 때의 심박수를 최고전심박수라 한다. 〈그림 2 A곡선, B곡선〉과 같이 최고심박수가 기록되고 2-3분 유지 되도록 하는 強度의 최고 運動을 할 때는 최고심박수가 기록된다. 그리고 運動 強度가 가볍고 最大 酸素 攝取量이 나타나지 않은 運動을 最大下運動이라 하고 고원 狀態에 달할 때의 심박수를 최대하심박수라 한다.

그러나 최대하심박수를 엄밀히 구별하면 고원 狀態에서 서서히 높아지는 경우(그림 2 C 곡선)와 比較的 가벼운 運動強度일 때 일정한 고원상태로 지속하는 경우가 있다.(그림 2 D 곡선)

심박수를 조절하는 要因으로는 압박반사, 정서, 내분비물, 혈액의 온도, 외감수용기(exteroceptors) 등이 있는데, 運動 초기의 증가는 心臟抑制 중추의 긴장이 억제되어서 나타나는 現狀이며, 運動 중 일정 수준까지 계속하여 증가하는 것은 心臟促進 중추의 긴장이 증가하여 나타난다고 생각한다. 그 외의 要因으로는 아드레날린 분비증가, 체온상승, 근수축에 의한 정맥환류량 증가, 혈액의 화학적 성분 變化 그리고 근육으로부터의 반사 등을 들 수 있다. (박철무, 1979) (정성태, 1976)

3. 運動과 血壓



心臟이 계속적으로 혈액을 대동맥으로 밀어내고 있는데 수축기의 가장 높은 값을 수축기혈압(systolic blood pressure)이라 부르며, 이완기의 가장 낮은 값을 이완기혈압(diastolic blood pressure)이라고 부른다. 안정시 정상 血壓은 각각 120mm/Hg, 80mm/Hg이며 이 두 血壓의 차를 脈壓(puls pressure)이라고 하며 정상 값은 40mm/Hg이다. (최현, 1988)

血壓에 影響을 미치는 要因으로는 ① 혈류량의 變化이다. ② 순환 저항은 혈관 수축에 따라서 증대하고, 그 結果 血壓은 상승한다. ③ 이 외에도 혈액량, 동맥계의 탄력성, 환경 온도, 감정 등에 의하여 血壓이 變化한다. (김종훈, 1976)

運動時 수축기혈압은 運動負荷 정도에 따라 상승 속도가 달라진다. 이는 運動負荷가 클수록 정맥환류량이 증가되고 心臟의 수축력이 촉진되어 1회 박출량이 증가된 結果

이다. 또한 運動負荷量이 큰 집단인수복 좌심실비대 등 心臟의 수축력이 강하여 심박출량이 증대된다. (Fraser, R.S. and Chapman, C.B. 1954)

運動시 이완기혈압은 運動 근육의 혈관 확장으로 인해 혈관 저항이 감소함으로써 내려가고, 혈관 확장의 要因은 低酸素症, CO₂증가 그리고 유산과 아데노신 복합물 및 세포의 칼륨이온 증가 등으로 인해 이완기혈압이 지해된다. (권태동 외 3인, 1984)

運動에 의한 심박수, 血壓의 증가, 運動 후 회복에는 개인차가 있으나 트레이닝에 의해서도 차이가 난다. 즉, 같은 強度의 運動을 했을 때 트레이닝 후에는 심박수와 血壓의 회복이 빠르게 된다. 이것은 트레이닝에 의해서 心臟이 運動에 적응되어 가는 것을 의미한다.(성동진, 1989)

4. 근육과 혈중 젖산 제거

체내에서 젖산 제거 속도를 측정하기 위해 각 運動區間 사이마다 5분의 휴식을 하며 1분 간 자전거 에르고메터를 5회 탄 피검자를 對象으로 얻은 것이다. 회복기 중에 피검자들(모두 남자)은 자전거 위에서 앉아 쉬게 하여 측정된 結果 축적된 젖산의 대부분이 제거되는데 최소한 1시간이 필요하다. 트레드밀에서 탈진할 때까지 달린 후에도 비슷한 시간이 필요하다. 이는 最大 運動 후 젖산의 약 95%가 안정성 회복을 하는 1시간 15분 내에 제거될 것임을 의미한다. 한편, 젖산이 比較적 적게 축적되는 最大下 運動 중에는 젖산 제거에 소요되는 시간이 짧은 것으로 보고했다. (정성태,1992)

運動性 회복 중 젖산 제거 속도는 회복기 전반에 걸쳐 피검자가 아무런 活動도 하지 않고 쉬는 것을 말하며 탈진적인 運動 후 회복기 동안 쉬는 것보다 가벼운 運動을 하는 것이 혈중 젖산을 보다 신속하게 제거할 수 있음이 증명되었다.

이와 같이 회복기 중 가벼운 運動을 하는 것을 '運動性 회복(exercise-recovery)'이라고 하며, 이는 오랜 기간 동안 대부분의 選手들이 실시해 온 준비 運動의 질차와 비슷하다.

젖산의 제거 方法에는 4가지로서 ① 노와 땀으로 배출 ② 글루코스/글리코겐으로 전환 ③ 단백질로 전환 ④ 산화/이산화탄소(CO₂)와 물로 전환 등이 있다.

5. 運動 中の 酸素 消費量

일반적으로 運動 中の 酸素 소비량을 측정하는 데는 더글라스 백을 이용한 方法과 컴퓨터를 이용한 자동분석장치 등이 이용되고 있다. 無酸素性 및 有酸素性 運動에서 酸素 소비량에 影響을 주는 변인에는 약간의 차이가 있다. 즉, 無酸素 運動에는 無酸素와 有酸素 과정을 통한 에너지 공급이 이루어진다. 따라서 안정시, 運動 中 및 회복기의 酸素 소비량을 모두 측정해야 한다. 無酸素 運動 中の 純酸素 소비량은 단지 運動에만 사용한 酸素 소비량을 뜻하며, 運動 中과 회복기에 攝取한 酸素量에서 안정 시 酸素 소비량을 공제한 양으로 다음과 같이 표현 가능하다. (정성태,1992)

$$\text{무산소 운동 中の 순산소 소비량} = \text{운동 中 } VO_2 + \text{회복기 } VO_2 - (\text{안정시 } VO_2 \times \text{시간})$$

有酸素性 運動의 경우 最大下 수준으로 有酸素 運動을 수행하면, 에너지는 有酸素 과정에 의해 항정상태(steady state)로 공급된다. 에너지 공급이 항정상태로 이루어지면, 運動 中에 사용한 총 酸素 소비량은 항정상태의 분당 酸素 소비량에 運動시간을 곱하여 얻는다. 따라서 有酸素 運動 中の 분당 酸素 소비량(steady state VO_2)에서 안정 시 분당 酸素 소비량(rest VO_2)을 제하는 方法으로 측정할 수 있다.

$$\text{유산소 운동 中の 순산소 소비량} = \text{항정상태 } VO_2 \times \text{운동시간} - \text{안정시 } VO_2 \times \text{운동시간}$$

6. 高地 訓練과 高度 純化

5000피트 이상의 高地에서는 身體 活動을 수행할 수 있는 能力이 影響을 받는다. 高度가 높을수록 影響은 더욱 더 심하며 일반적으로 5000피트 이상에서 매 1000피트 올라갈 때마다 最大 酸素 消費量(max VO_2)으로 측정되는 지구력 能力이 3-3½% 감소한다는 것을 느낄 수 있다. 이러한 身體 수행력이 그만큼 감소된다 할지라도, 이것은 순화될 수 있으며 등산가에게는 대단히 적합하다는 것을 나타내고 있다. 순화는 高度에의 지속적인 노출에 의해서 나타내며 수행력을 증진시키는 일정한 生理的 적응을 말한다. 순화가 되지 않은

사람의 경우 18,000피트(4588m) 이상에서는 酸素가 따로 더 필요하다. (싱통진,1989)

이 시점에서 10,000피트(3,000m) 이상의 高地에서 거의 15,000,000만 명 이상의 사람들이 생활하고 있지만, 미국의 대다수 運動 경기는 이 高度 보다 아래에 있는 지역에서 열린다는 것을 아는 것이 중요하다. 이것은 5,000피트 이하의 高度 요소가 실제로는 그다지 크지 않기 때문에 주로 5,000-10,000피트 사이의 高度에서 열리는 運動 경기에 대한 효과를 위해 高地 適應 과정을 실시한다. 즉 高度 純化(Altitude Acclimatization)를 위해 高地에 있는 기간이 길수록 運動修行(performance)이 더 나아지지만 해수면에서 얻어진 분사치에는 결코 도달되지 않는다. 高地에 머무는 동안의 運動技能의 향상은 순화를 통해 일어나는 것이다. 순화에 필요한 기간은 高度의 높이에 달렸다. 즉 高地가 9,000피트면 약 7-10일이 걸리고, 12,000피트면 15-21일이 걸리며, 15,000피트면 21-25일이 걸린다. 이러한 것은 어디까지나 분사치에 불과한 것이고 개인에 따라 큰 차이가 있다. 실제로 어떤 사람은 高度에 전혀 순화되지 않아서 高地에 머무르는 동안 고산병 때문에 계속 고통을 느끼는 경우가 있다. 이 병은 高地에서 태어나고 자란 사람에게도 발생한다. 갑자기 이유도 없이 그들은 순화를 잃고 고산병으로 고통을 받기도 한다. 고산병의 증세로는 멀미, 구토, 두통, 식욕 감퇴 등이 있다.

중요한 것은 고산병이 심하면 10,000피트 정도에서도 폐렴의 증세가 생긴다는 사실이다. 즉 열이 나고 폐에 출혈이 생긴다. 진찰 結果 대개 이런 사람들은 高地에 있는 동안 폐렴으로 고생하거나 항생제를 복용한 것으로 되어 있지만 結果가 좋지 않아 사망하는 경우도 있다. 고산병의 긴급 처치로서는 酸素 呼吸을 시키거나 高地에서 낮은 곳으로 옮기는 것이지만 즉시 의사의 치료를 받아야 한다. (김창규 외 3인, 1983)

한편, 高地의 기후 및 산소 분압의 특성으로 해수면 위로 올라가면 대기의 중량이 감소되기 때문에 기압(P(B))이 떨어진다. 대기중 酸素 비율은 20.93%이지만, 단위 용적 당 酸素 분자수는 감소한다. 이러한 사실은 高地에서는 해수면에서 우리가 호흡하는 분자 수만큼 호흡하려면 더 많은 공기를 들여 마셔야 된다는 것을 의미한다. 高地에서 運動 能力이 떨어지는 주된 이유는 酸素 壓力(장력)이 감소되기 때문이다. 酸素 壓力의 저하로 低酸素 症勢(hypoxia)가 나타난다. 즉, 酸素가 충분치 못하게 된다. 분명히 이 低 酸素 증세가 순화 작용(mechanism)을 자극한다. 高度에 머무는 시간에 따라서 高地에 순화하는 동안 일

어니는 중요한 生理的 變化는 첫째, 폐환기량의 증가(Increased number of red blood cells and hemoglobin concentration:과 환기량)로 이 現狀은 高地에 도착하고 1-2시간 내에 즉각적으로 나타난다. 高地에서 처음 며칠 동안은 더 뚜렷해지고 약 1주일 후에 안정을 찾게 된다. 폐환기량의 가장 중요한 結果는 폐포의 PO_2 가 증가하는 것이다. 이것은 酸素와 함께 헤모글로빈(Hb)의 포화를 크게 한다. 또한 폐환기량과 함께 과다한 CO_2 의 양이 '분출'되어 폐포의 PCO_2 와 H^+ 농도(pH의 증가)가 감소된다. 둘째, 적혈구 수 및 헤모글로빈 농도의 증가 이러한 現狀은 高地에서의 처음 몇 주 동안에 급격하게 나타나는데 그 후에는 점차적으로 증가한다. 이러한 반응의 기본적인 기능은 동맥혈의 酸素 함량을 증가시킨다. 셋째, 소변을 통한 중탄산염(HCO_3)의 배출로써 이 작용 자체는 酸素 이용력을 향상시키지는 못하지만, 그러한 작용의 주 기능은 혈액 산도를 정상치에 가깝도록 유지하는 것이다. 환기량과 CO_2 의 손실과 함께 혈액 산도는 증가하는 경향을 나타낼 것이다. 즉, 중탄산염의 배출이 상쇄되고 산도를 감소시킨다. 넷째, 조직의 變化(Tissus level changes)로서 조직의 變化에는 ① 근육과 조직의 모세혈관 現狀의 증가, ② 마이오글로빈 농도의 증가, ③ 미토콘드리아 밀도의 증가, ④ 산화력을 향상 시키는 효소의 變化 등이 포함되어 있다. (정성태, 1976)

高地에서 3주 내지 4주간 체류한 다음 평지로 돌아왔을 때 인간은 약 2주 내지 4주 안에 순화에 의해 일어난 이러한 變化를 상실하게 된다. 멕시코시(高度 7,400feet 혹은 2,250m)에서 1968년도 올림픽 게임이 개최된다고 했을 때 코치들은, 運動 能力에 미치는 高地의 影響을 最大로 줄이기 위해서 選手들을 어떻게 訓練시켜야 하는가? 選手들이 단지 高地에서만 訓練해야 하는가? 하는 질문을 하였다. 만일 그렇다면 어떤 곳에서 해야 하고 얼마만큼의 기간 동안 해야 하는가? 高地와 지상에서 간헐적으로 訓練해야 하는가? 이러한 질문에 대한 해답으로 이용할 수 있는 것이 없어서 많은 研究가 시작되었다.

이론적인 견해로는 高地에서의 訓練은 지상에서만 訓練하는 것보다 더욱 급격하고 더 많은 變化를 일으킬 수가 있다. 이러한 現狀은 高地의 低酸素症이 身體的 訓練에 의해 야기되는 變化와 유사한 生理학적 變化를 일으키는 힘으로 작용되기 때문이다. 예를 들어 총혈액량, 헤모글로빈, 적혈구 수, 미토콘드리아의 함량, 그리고 근육 효소의 變化는 두 종류의 자극으로부터 향상되고 있음을 나타내고 있다. 어느 정도까지는 이러한 개념이 實驗的

으로 뒷받침되어 왔다. 運動을 하면 酸素의 소비가 많아지게 되고, 酸素가 적은 환경에서 運動하게 되면 運動이 어렵게 된다. 이것은 객관적으로 피로가 빨리 온다던가 주관적으로는 피로움이라고 말하는 감각을 빨리 일으키게 된다. (김창규 외 3인, 1983)

The Lexington-Leadville의 研究에서는 高地에 대한 일생의 순화가 육상 종목에서는 高地에 처음 온 사람에 비해 高地에서 태어난 사람이 유리한가를 결정하려는 研究에서 경기 기록으로 보아 高地 때문에 오는 低酸素 증세는 심한 運動 시 처음으로 그 高地에 온 사람에게 影響을 미치는 것만큼 오랫동안 高地에 살던 사람에게도 影響을 미친다는 것이 확실하다. 해수면에서 경기를 잘하는 選手와 팀은 高地에서도 잘 한다고 보고했다.

The pennsylvania state University study의 研究가 E.Buskirk와 기타 사람들에 의해 행해졌다. 이 研究에서는 高地 환경을 처음 대하는 사람에 있어서와 마찬가지로 高地 주민의 活動 能力은 高地 환경에서는 많은 影響을 받는다는 것을 나타내고 있다.

The Michigan - Pennsylvania State Study에서는 12명의 選手들을, 이들 중 몇 명은 중장거리의 최고 수준에 있는 選手들인데 5주 내지 6주 간을 여러 高度에서 研究를 실시하였다. 이 研究의 結果 첫째 모든 運動 能力이 해수면에서 만큼 좋지는 않다는 것 둘째 運動 能力의 감소가 경기 시간과 관련이 있다는 것 즉, 경기가 길면 길수록 더욱 많은 酸素가 필요하고 運動 能力이 더욱 저하된다는 것이며 셋째 1마일 경기에서와 같이 2-3마일 경기가 순화로 향상되지 않는다는 것이다. 이러한 結果는 심지어 정당한 高度(7,500feet)에서의 身體 運動 能力 특히 有酸素性 과정에 크게 의지하는 身體 運動이라면 손상될 것이고, 순화로써 향상 개선되지 않는다는 것을 나타내고 있다. (P. Astrand, K. Rodahl, 1977)

The ohio state study에서 오하이오 콜럼버스(750feet,230m高度)와 高度 12,470feet(3,800m)인 캘리포니아 White산의 Barcroft 研究所에서 研究한 結果 첫째, 해수면 수준에서 측정된 건강한 사람의 身體 적성은 지상의 높은 高度에서 격렬한 身體 活動을 수행할 수 있는 能力의 지수로서는 충분하지 못하다. 둘째, 身體 적성은 급성 고산병의 발생과는 관련이 없는 것 같다. 대단히 건강한 사람은 앉아서 일하는 사람 만큼이나 병에 걸리기 쉽다. 셋째, 高地에서 격렬한 身體的 活動을 할 수 있는 能力은 그와 같은 高地에서 3주일을 체류하는 동안 대단히 향상된다. 그러나 이 기간 중에도 해수면 수준의 身體 活動 能力까지는 이르지 못한다. 넷째, 身體的인 狀態와는 상관 없이 몇몇 피검자는 高地에

서 잘 견디지 못하고, 고산병에 걸리거나 비효과적이 될 수도 있다. 다섯째, 고산병에 잘 걸리는 경향이 있는 사람들보다 건강한 사람들은 12,500feet에 도착한 직후 해수면 수준 能力의 대략 반 정도밖에 못 미치는 수준에서 한 시간 반이나 그 이상의 시간 동안 꾸준히 활동을 할 수 있다. 단지 소수의 사람들만이 高地에서 8일이 지난 후에 그들의 해수면에서의 活動 能力의 2/3정도로 1시간 30분 동안 活動할 수가 있다.

A.V.Hill은 低酸素가 오래 달리는 시간과 지구근 작업시간 사이에 어떠한 影響을 미치는가를 조사했다. (Hill, A. V.,1924) 이 研究에서 경사가 틀리는 두개의 직선이 만나는 점이 오래 달리는 시간으로 1분당이라고 말할 수 있다. 즉, 1분을 넘는 運動에는 低酸素의 影響이 생기며 1분 이내의 運動에서는 그 影響이 없는 것으로 나타내었다. 이 시간은 경기로 말하면 400m와 800m사이가 된다. 14%의 酸素는 멕시코시 보다는 조금 높으며 실제 멕시코 시에서의 경기에서도 800m정도에서도 불리한 影響이 나오게 된다.

이상과 같은 先行研究는 지상에서의 경기력이 高地에서의 訓練을 통해 향상되지만 그것은 단지 體力訓練이 되지 않은 비 運動選手에 한해서이다. 高度의 訓練을 받은 選手들에게 최고의 경기력을 유지하기 위해 필요한 트레이닝 強度는 高地에서는 달성할 수가 없다는 것이다. (정성태.1976)



Ⅲ. 研究 方法

1. 研究 對象

本 研究의 對象은 제주서중학교 육상경기 중장거리 選手로 活動하고 있는 女子選手 5명, 男子選手 4명, 모두 9명을 對象으로 하였으며, 그들의 身體의 特性은 <표 1> 과 같다.

<표 1> 被檢者의 身體 特性

Subj.	Age (yr.)	Sex	Height (cm)	Weight (kg)	Max. Rec.	Events	Blood Pressure	Waist (cm)	Chest (cm)
L.S.H.	13	M	157	40	9분54초	3,000	120/62	73	75.5
K.Y.K.	13	M	154.8	37	10분47초	3,000	123/73	69	70
K.Y.U.	13	M	154.2	36.5	10분50초	3,000	101/58	72	70
K.C.H.	13	M	152	33	10분42초	3,000	100/62	67	66
K.M.K.	15	F	154	39.5	11분50초	3,000	124/69	76	72
Y.S.I.	16	F	154.5	39.5	11분55초	3,000	120/72	77	76
L.H.S.	15	F	151.9	40.5	12분05초	3,000	110/64	77	78
K.H.S.	13	F	148	31	11분49초	3,000	103/62	69	65
K.K.E.	15	F	169	59	18분30초	경 보		85	92

2. 平地 및 高地에서 訓練 方法

1) 平地 및 高地에서의 訓練 환경

평지에서 중장거리 選手들에 가한 訓練의 環境은 酸素 分압이 115.37mm/Hg, 平均 기온이 26.2℃인 訓練 장소에서 계획에 따라 訓練을 실시하고, 저녁에 귀가하였다가 정상적인 학교 시간에 다시 訓練에 임하는 형태였고, 高地에서는 15일간 전원 합숙 訓練을 실시하였다.

高地에서의 環境은 해발이 1,300m되는 영실 등반로 주변으로서 酸素 分壓은 127.94mm/Hg, 平均 기온은 18.6℃였다. 平均 일조량은 평지에서 平均 7.23시간, 高地에서 平均 5.12

시간 이어서, 평지에서보다 高地에서 일조량이 훨씬 적었으며, 따라서 高地의 습도 역시 평지보다 훨씬 많은 狀態였다. 평지의 자연 환경은 학교 運動場으로서 주위에 우거진 숲이 없는 狀態였고, 高地의 경우는 연중 울창한 숲이 있는 아열대 밀림 지역과 같은 환경의 특성을 지녔다.

매일 實驗群의 식사는 평지에서 거의 정상적인 3식 식단의 식사로 구성되었고, 高地의 경우는 정상적인 식사 외 충분한 간식을 하게 했다.

수면 시간은 평지의 경우 학교 訓練 후 각자 가정에서 자유로이 취침하는 狀態였고, 高地의 경우는 오후 23:00가 되면 거의 취침에 들어가서 다음 날 06:00에 기상을 하여 運動에 입함으로써 평지보다 高地에서 더 규칙적인 생활을 했다.

2) 訓練強度, 頻度, 時間, 種類

訓練強度, 頻度, 時間, 種類는 <표 1-1, 2> 와 같다.

<표 2-1> 平地에서의 訓練 計劃

내용 요일	훈련 내용	시간	장소	내용 요일	훈련 내용	시간	장소
월	준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 변화주 200m(90%) 100m(조깅) 50m*5회*100% 보강운동 정리체조	10분 15분 30분 30분 5분 25분 5분	제주 서중	화	준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 300m*12회(90%) 100m(조깅) 50m*10회(100%) 보강운동 정리체조	10분 15분 20분 40분 10분 20분 5분	종합 경기장
수	준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 오르막60*15회*90% 내리막60*15회*100% 자유주 보강운동 및 정리체조	10분 15분 20분 40분 15분 20분	오등 봉	목	준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 구기운동(축구, 농구) 정리체조	10분 15분 20분 60분 15분	제주 서중
금	준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 400m*10회*90% 50m*10회*100% 보강운동 정리체조	10분 15분 20분 50분 20분 5분	종합 경기장	토	준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 3,000m기록측정 50m*15회*100% 보강운동 정리체조	10분 15분 20분 50분 20분 5분	종합 경기장
일	개인훈련 및 휴식						

표 2-2) 高地에서의 訓練 계획

내용 요일	훈련 내용	시간	장소	내용 요일	훈련 내용	시간	장소
월	오전(06:00~08:00) 준비체조 Jogging (3Km)구조대 · 대표소 유연체조 및 휴식 내리막 200m*10회*95% 오르막 100m조깅 오르막 100m*10회*85% 보강운동 정리체조	10분 20분 20분 50분 15분 5분	영선산하 조난구조대	화	(06:00~08:00) 준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 내리막 400m*10회*90% 오르막 200m조깅 오르막 200*10회*85% 보강운동 및 정리체조	10분 20분 20분 60분 10분	
	(10:00~12:00) 준비체조 에르고메터 강도2*2분 휴식*5세트 보강운동 및 정리체조	10분 80분 30분			준비체조 에르고메터 강도 2*2분 휴식*5세트 보강운동 및 정리체조	10분 80분 30분	
	(16:00~18:30) 준비체조 Jogging(3Km) 유연체조 및 휴식 내리막 100m*25회*95% (40초 휴식) 보강운동 및 정리체조	10분 20분 20분 50분 20분			(16:30~18:30) 준비체조 Jogging 오르막 50m*15회*85%(40초 휴식) 내리막 50m*15회*95%(40초 휴식) 보강운동 및 정리체조	10분 20분 50분 20분	
	(06:00~08:00) 준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 3Km 내리막 기록 측정 평균 50m*10ghl*95% 보강운동 및 정리체조	10분 20분 20분 15분 15분 40분	구조대 · 대표소		(06:00~08:30) 준비체조 구조대→윗세오름 등반 휴식 윗세오름→구조대 하산 정리체조	5분 55분 10분 45분 5분	구조대 · 윗세 오름
수	(10:00~12:00) 준비체조 에르고메터 강도2*2분 휴식*5세트 보강운동 및 정리체조	10분 80분 30분		(16:30~18:10) 준비체조 Jogging 구기운동 (족구) 정리체조	10분 20분 60분 10분		
	(16:30~18:30) 준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 내리막 300m*10회*90% 오르막 200m조깅 100m*10 회*85% 보강운동 및 정리체조	10분 20분 20분 50분 20분		(06:00~08:00) 준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 내리막 1,000m*3회*5분휴식*90% 50m*10회*90% 정리체조	10분 20분 20분 60분 10분		
	(10:00~12:00) 준비체조 에르고메터 강도 2*2분 휴식*5세트 보강운동 및 정리체조	10분 80분 30분		(16:00~18:00) 준비체조 Jogging 오르막 50m*20회*40초 휴식 내리막 50m*10회*30초휴식 보강운동 및 정리체조	10분 20분 50분 30분 10분		
금	(06:00~08:00) 준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 자유주	10분 80분 30분		(17:00~18:00) 준비체조 내리막1.5Km↔오르막.5km(3Km) 기록측정 보강운동 및 정리체조	10분 20분 30분 10분		
일	개인 훈련 및 휴식						

3. 實驗 節次

1) 實驗 裝備

平地 및 高地에서 사용되었던 측정용구는 <표 3>과 같다.

<표 3> 측정용구

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

2) 實驗裝備의 가동

Bicycle ergonometer의 경우 오랫동안 사용하지 않은 結果로 체인 등에 낀 이물질들을 事前に 제거함으로써 기계적인 저항력을 없도록 하고, 事前に 속도계와 부하기의 정상 狀態를 확인한 다음 가동하였고, Bioelectrical Impedance Fatness Analysis System의 경우 사용 매뉴얼에 따라 事前に 한 명의 피험자를 對象으로 양와위로 누운 狀態에서 身體 각 부위에 전극을 부착하여 나온 임피던스값을 프린트에 내장된 공식에 따라 체지방율을 산출하여 정상임을 확인한 후 실시하였다.

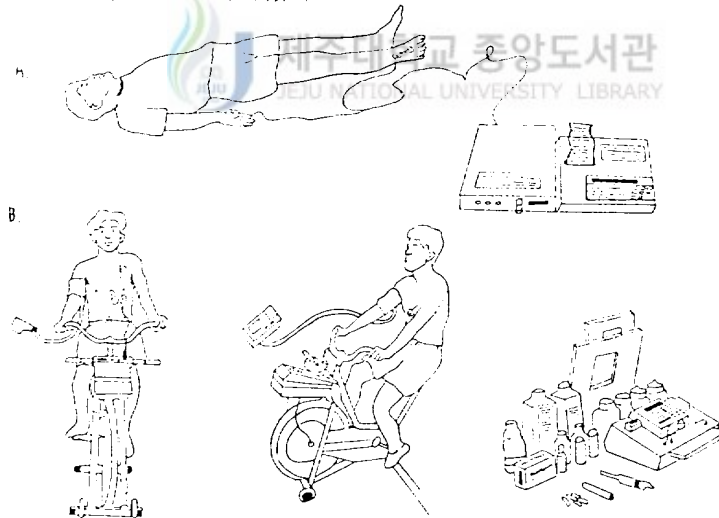
젖산분석시스템(YSI blood lactate analysis System)의 경우 1차적으로 혈액을 sampling 하기 전에 기기의 민감도를 조정하는 과정에서 calibration을 한 結果 0.5 μ m가 될 때까지 기다려서 혈액을 채취하여 젖산 농도를 측정하였다.

원격 심박수 측정기(Telegraph system)는 자진기 에르고메타 前上部에 고정을 시킨 후 입의로 부하를 준 후 심박수 측정기의 양쪽 붐을 잠도록 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

피검자의 실험 과정 및 절차는 <그림 3. 4>와 같다.

평지 및 高地에서 각 피검자에게 Bicycle ergometer를 이용하여 부하를 준 방법은 <그림 3>과 같이 시작의 신호와 동시에 60rpm을 유지하도록 하여 매 2분 동안 달리게 했다. 부하 2분 후 혈중 젖산의 농도를 측정하기 위해 피험자로부터 샘플을 채취하고, 심박수를 측정하였다. 측정 후 2분은 휴식을 취하게 한 후 다시 0.5KP씩 부하를 올려 가면서 같은 방법으로 심박수와 혈중 젖산 농도를 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 혈중 농도, 심박수 및 血壓을 측정함으로써 개인별 회복율을 파악하였다.



<그림 3> 實驗場面 A. 체지방 측정 B. 에르고메타 부하 및 혈중 젖산 농도 측정

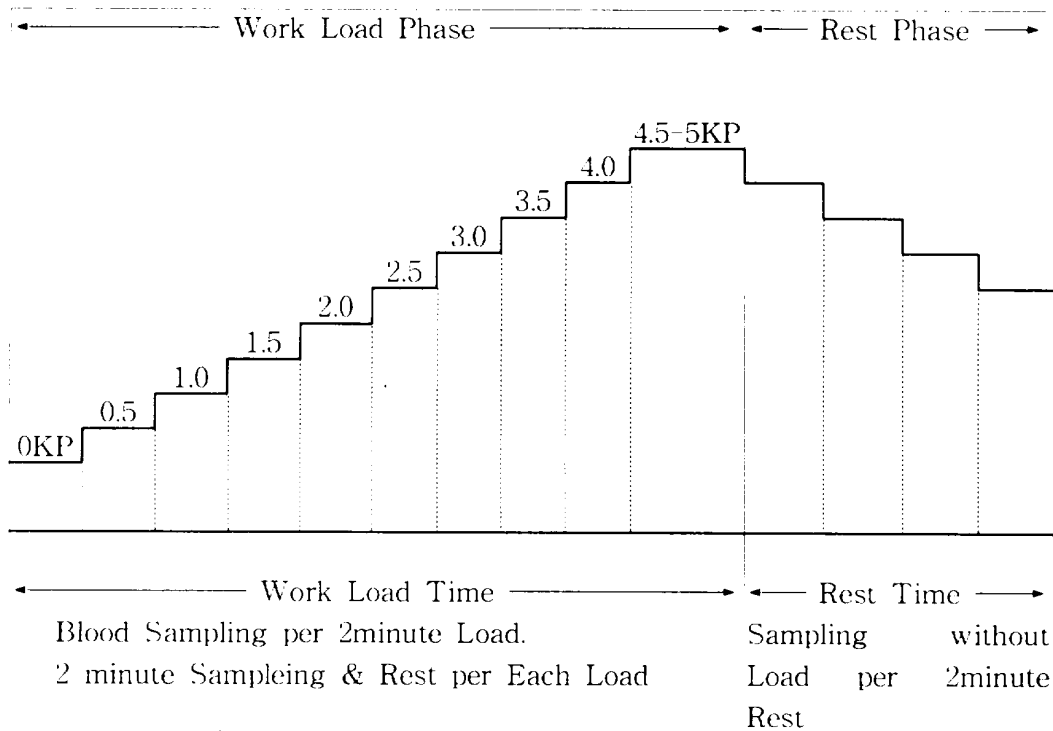


그림 4> 漸增的 負荷方法

각 피검자마다 實驗에 임하기 전에 전신 체지방의 비율을 알아보기 위해 생체전기저항법(Bioelectrical Impedance Fatness Analysis system)에 의해 사용 매뉴얼 대로 身體 각 부위에 전극을 부착하여 양와위로 만드시 누운 狀態에서 전신 체지방율을 측정한 후, 체격 요건(흉위, 요위, 체중, 신장)을 측정하였다.

심박수를 각 부하의 증가마다 측정하기 위해 피검자 가슴 부위에 3개의 전극(electrode)을 한국체육과학연구원 實驗 기자재 매뉴얼에 따라서 부착하였고, 또한 매 부하마다의 血壓를 측정하기 위해 피검자 왼쪽 상완 부위에 자동 血壓計를 장착한 뒤 부하를 주는 방법을 취하였다.

最大 酸素 攝取量(김진원,1982)은 最大 酸素 攝取量 추정식에 따라 산출하였고, 最大下 負荷 및 最大下 負荷 도달 시간은 각 피검자의 부하가 All Out 이전의 것으로 산정하였다.

4. 資料 處理

平地(Pre-test) - 高地訓練 - 平地(Post-test)의 3단계 訓練 結果 각 환경에서 체내의 生理的 變化 및 訓練의 效果, 회복율을 알아보기 위해 부하기와 휴식 기간에서 첫째, 각각의 평균 및 편차를 구하였고 둘째, 평지(pre-test)와 高地에서 같은 訓練의 頻度, 強度, 時間으로 訓練을 시켰을 때 最大 酸素 攝取量과 혈중 젖산 농도의 차이를 알아보기 위해 종속 T-test를 실시하였고, 각 단계에 따른 最大 酸素 攝取量 및 혈중 젖산 농도에서 차가 있는지를 검증하기 위해 ANOVA 검증을 하였다. 셋째, 부하가 점증적으로 증가하는 동안 실시한 시행 간의 變化에 대해 각 평지(事前), 高地訓練, 平地(事後) 간의 증가회수(독립변수)가 젖산 농도의 증가율(종속변수)에 미치는 變化를 알아보기 위해 회귀식을 통해 경향을 分析하였다.



IV. 研究 結果

1. 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果

研究 目的에 따라 본 研究의 實驗 結果 추출한 변인은 事前, 高地, 事後의 3단계로 나누어 結果를 分析하였다. 分析 對象은 제주시중학교 중장거리 選手 9명을 對象으로 하였으며, 본 장은 집중적 부하기 동안 事前, 高地, 事後의 혈중 젖산 농도의 變化, 수축기혈압과 이완기혈압의 變化, 심박수 變化, 最大 酸素 攝取量, 最大下 負荷水準, 最大下 負荷水準 도달 시간 및 회복기 동안 事前, 高地, 事後의 혈중 젖산 농도 회복율, 심박수 變化에 미치는 影響에 대하여 집중 分析하였다.

1) 漸增的 負荷期 동안 혈중 젖산 濃度の 變化

자전거에르거메타의 事前, 高地, 事後의 집중적 부하 狀態에서 혈중 젖산 농도의 측정 및 分散分析한 結果는 <표 4, 5> 및 <그림 5>와 같다.

<표 4>에서 집중적 부하를 주는 가운데 事前, 高地, 事後間에 측정한 각 시행마다 혈중 젖산 농도의 變化를 알 수 있으며, 9명 전체의 事前 평균이 3.46mmol/l, 高地 3.38mmol/l, 事後 4.32mmol/l로서 高地에서 訓練을 하였을 때 가장 적은 혈중 농도를 나타내었다. 이러한 차이는 $F(2, 258)=3.22$ 로 $P<0.041$ 수준에서 유의한 차이를 나타내었고, 지구성에 있어서는 모든 피검자가 事前의 경우보다 高地訓練을 하였을 경우가 평균 9.50%로 事前보다 事後의 경우가 12.88%의 증가를 보였다.

事前, 高地, 事後 각각의 경우 젖산 농도의 축적 정도를 나타낸 結果는 <그림 5>과 같으며 젖산 축적율이 가장 높은 경우는 事後로서 회귀식 $y=0.7652x + 0.2871$ 이었고, 高地 $y=0.6065x + 0.328$, 事前 $y=0.285x + 2.5873$ 의 경우보다 시행 회수의 증가에 따라 더 높은 기울기로 혈중 젖산 농도가 증가하는 것을 알 수 있다.

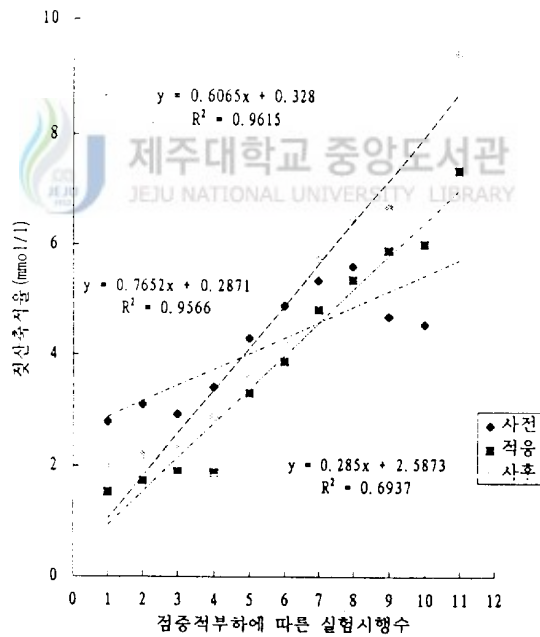
<표 4> 부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後의 혈중 젖산 농도

		사전거르거메타의 부하(KPM), 회수 및 젖산증가율											개인 평균	지구 성(↑ %)
시행 피험자		1차 0 KP	2차 0.5KP	3차 1KP	4차 1.5KP	5차 2KP	6차 2.5KP	7차 3KP	8차 3.5KP	9차 4KP	10차 4.5KP	11차 5KP		
LSH	사전	5.00	4.56	3.85	4.95	6.69	5.40	5.83					5.18	
	고지	2.10	3.06	2.63	2.05	4.49	4.10	4.43	5.85	7.61	5.94		4.12	30
	사후	2.20	2.23	2.75	2.68	2.09	3.48	4.80	6.68	6.76	10.77		4.44	30
KYK	사전	5.23	6.82	8.18	5.44	7.87	7.77	6.54	5.73	4.96			6.50	
	고지	0.66	0.89	0.83	1.08	1.29	2.05	3.83	4.74	4.96			2.26	0
	사후	3.60	3.35	3.77	3.92	3.53	5.84	5.42	7.70	5.61			4.75	0
KYU	사전	2.29	3.43	2.43	2.15	5.10	8.66	9.38					4.78	
	고지	1.04	1.21	1.89	1.80	3.00	3.74	5.11	5.15	4.87			3.09	23
	사후	2.29	3.20	2.57	4.27	4.37	4.23	6.92	8.80	8.15			4.98	23
KCH	사전	2.92	2.48	1.79	2.09	2.39	3.46	7.97					3.30	
	고지	1.27	1.08	1.20	1.60	2.32	3.12	4.45	6.14	6.30			3.05	23
	사후	1.77	2.36	2.13	2.23	2.97	5.42	8.86	7.65	9.00	10.18		5.26	30
KMK	사전	0.82	0.84	0.90	1.92	1.91	2.02	1.02	3.36				1.60	
	고지	2.49	0.93	1.78	1.18	4.06	3.44	4.71	5.09				2.96	0
	사후	1.10	1.30	1.31	1.93	2.08	2.58	4.13	3.79	5.91			2.68	11
YSI	사전	2.57	4.56	4.47	5.05	3.55	4.02	4.13	5.49	5.33			4.35	
	고지	1.22	2.57	2.00	2.26	3.71	4.40	4.38	4.87	4.39			3.30	0
	사후	2.64	2.57	2.17	3.00	2.93	2.15	3.69	5.70	5.82	5.27		3.59	10
LHS	사전	1.04	1.06	0.87	1.57	2.98	2.94	2.33	3.19	3.79	4.55		2.43	
	고지	2.69	2.83	2.80	3.31	4.45	4.34	4.94	5.37	5.84	5.64		4.22	0
	사후	1.52	1.89	2.06	1.83	3.04	2.88	4.86	5.24	5.88	5.97		3.52	0
KHS	사전	2.34	0.94	0.77	3.99	3.81	4.83	5.56	10.22				4.06	
	고지	0.92	0.69	1.26	1.26	3.92	4.25	4.75	4.70				2.72	
	사후	1.42	1.86	2.45	3.77	6.32	6.78	6.93	6.46	5.33			4.59	12
KKE	사전													
	고지	1.41	2.41	2.65	2.40	2.39	5.35	6.74	6.36	7.25	6.44	7.36	4.61	0
	사후	1.12	0.92	1.49	2.14	4.86	4.23	5.98	6.27	10.21	9.30	9.40	5.08	0
전체 평균	사전	2.78	3.09	2.91	3.40	4.29	4.89	5.35	5.60	4.69	4.55		3.46	
	고지	1.53	1.74	1.89	1.88	3.29	3.87	4.82	5.36	5.89	6.01	7.36	3.38	9.50
	사후	1.96	2.19	2.30	2.86	3.58	4.18	5.73	6.48	6.68	8.30	9.40	4.32	12.88

<표 5> 事前, 高地, 事後 訓練 후 집중적 부하에 따른 혈중 젖산 농도의 分散分析

분산요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F.value)	유의도 (PR)
처리	2	32.67306284	16.33653142	3.22	0.041
오차	258	1307.91613103	5.06944237		
전체	160	1340.58919387			

집중적 부하기 동안 혈중 젖산 농도에 대해 종합하여 보면 高地訓練을 하였을 경우가 하지 않았을 경우보다 젖산농도의 축적량은 더 감소하였고, 高地訓練 후 다시 평지에서 訓練을 하였을 경우는 점차적으로 事前의 條件으로 적응해 감을 알 수 있다. 또, 高地訓練을 하였을 경우 전신지구성 能力에서 역시 증가함을 알 수 있으나 각각의 경우 實驗施行 회수에 따른 젖산 축적율은 事後와 高地訓練을 하였을 때가 더 높은 것으로 나타났다.



<그림 5> 부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後間 혈중 젖산 농도의 축적 變化

2) 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後의 血壓 變化

事前, 高地, 事後間 각 피검자별 수축기혈압 및 이완기혈압의 측정 결과는 <표6>, 事前, 高地, 事後間 수축기혈압의 分散分析한 결과는 <표 7>, 수축기혈압 및 이완기혈압의 점증적 부하 동안의 증가 회귀식은 <그림 6>과 같다.

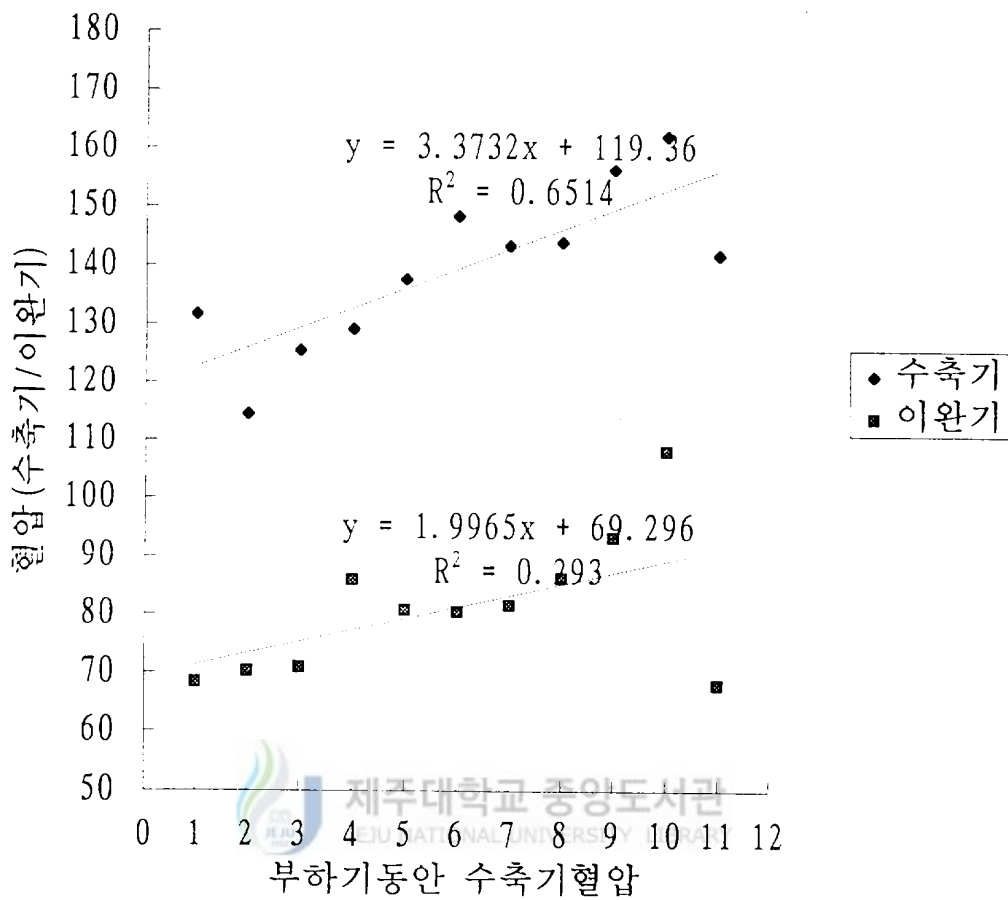
<표 6>에서 수축기혈압 및 이완기혈압의 전체 평균은 事前 수축기혈압의 경우 124.26 pul/min, 이완기혈압 71.20pul/min, 高地的 수축기혈압은 137.48pul/min., 이완기혈압 78.92pul/min., 事後 수축기혈압은 127.25pul/min, 이완기혈압 77.76pul/min으로 각각 나타나서, 高地訓練의 경우가 수축기혈압이 가장 높은 것으로 나타났다.

<그림 6>은 부하기 동안 수축기혈압 및 이완기혈압의 變化에 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.

<표 6> 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後의 수축기혈압 및 이완기혈압의 변화

시행 피검자혈압		1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차	개인 평균
		0 KP	0.5KP	1 KP	1.5KP	2 KP	2.5KP	3 KP	3.5KP	4 KP	4.5KP	5KP	
LSH	수축기	113	108	146	154	139	182	120	135				137.13
	이완기	68	62	65	128	103	76	80	49				78.88
KYK	수축기	125	129	134	147	146	162	140					140.43
	이완기	70	76	61	90	91	95	78					80.57
KYU	수축기	105	108	112	120	127	135	101					115.43
	이완기	41	58	53	61	70	54	58					56.43
KCH	수축기	119	121	144	128	137	139	136					132
	이완기	72	85	78	99	80	76	74					80.57
KMK	수축기		111	131	102	130	153	153	134				130.57
	이완기		63	92	83	77	110	72	76				81.86
YSI	수축기		129	139	177	188	190	166	160	153			162.75
	이완기		81	73	64	62	79	93	85	80			77.133
LHS	수축기		125	119	107	90	132	159	162	194	197		42.78
	이완기		105	63	84	59	86	84	132	155	171		104.33
KHS	수축기		115	134	130	148	140	143	123				133.29
	이완기		66	78	80	91	80	87	90				81.71
KKE	수축기												
	이완기												
평균	수축기	115	118.5	132.38	133.13	138.13	154.13	139.75	142.8	173.5	197		124.26
	이완기	62.75	74.5	70.75	86.13	79.13	82	78.25	86.4	117.5	171		71.20

		고 지 훈 련										
LSH	수축기	112	120	116	123	140	136	136	149	144	168	134.40
	이완기	68	61	60	69	66	75	67	74	78	68	68.60
KYK	수축기	128	123	129	138	152	165	156	150	148		143.22
	이완기	96	80	84	80	89	96	97	83	76		86.78
KYU	수축기	109	111	117	133	135	135	177	183	162		140.22
	이완기	59	56	68	59	100	69	81	158	80		81.11
KCH	수축기	113	119	123	116	134	150	136	138	129		128.67
	이완기	83	71	83	83	87	82	84	84	71		80.89
KMK	수축기	134	131	141	159	153	176	138	151			147.88
	이완기	72	80	87	88	99	98	92	90			88.25
YSI	수축기	112	130	132	134	160	148	140	139	160		139.44
	이완기	72	73	83	76	94	85	81	93	89		82.89
LHS	수축기	109	118	113	132	161	154	144	142	150	152	137.5
	이완기	60	66	64	80	89	86	88	85	88	91	79.70
KHS	수축기	99	89	100	115	133	150	122	133			117.63
	이완기	61	56	65	74	80	80	69	80			70.63
KKE	수축기	136	125	137	147	172	181	170	148	144	127 142	148.09
	이완기	83	76	75	83	92	83	84	73	69	69 68	71.45
평균	수축기	168.89	118.44	123.1	133	148.89	155	146.56	148.11	151	149 142	137.48
	이완기	72.67	68.78	74.33	76.89	88.44	83.78	82.56	91.11	78.71	76 68	78.92
		사 후										
LSH	수축기	108	109	120	116	120	113	149	148	134	153	127.00
	이완기	55	60	60	54	60	64	72	68	73	74	64.00
KYK	수축기	112	122	120	134	130	114	133	128	156	138	128.70
	이완기	66	60	65	116	72	72	81	72	80	75	75.90
KYU	수축기	104	103	119	114	121	136	145	137	137		124.00
	이완기	70	68	67	71	61	68	84	80	72		71.20
KCH	수축기	119	113	104	124	119	112	136	140	136		111.40
	이완기	77	80	72	74	81	73	89	85	82		79.20
KMK	수축기	108	99	117	114	115	161	152	116	151		125.80
	이완기	68	68	68	75	72	75	70	83	76		72.70
YSI	수축기	118	97	126	110	124	149	153	174	164	147	136.20
	이완기	74	67	72	76	72	84	83	90	94	92	80.40
LHS	수축기	114	112	129	122	116	121	149	143	142	126	127.40
	이완기	79	73	75	72	93	78	92	94	122	80	85.80
KHS	수축기	100	105	116	123	144	137	136	131			124.00
	이완기	61	51	61	62	72	83	76	76			89.40
KKE	수축기	119	99	139	138	146	183	146	158	140	140	140.8
	이완기	77	80	67	83	88	84	109	84	73	68	81.30
평균	수축기	111.33	106.5	121.1	121.6	126.1	136.2	144.3	141.6	145	140.8	127.25
	이완기	69.66	67.44	67.44	94.7	74.5	75.6	84	81.3	84	77.8	77.76



<그림 6> 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後의 수축기혈압 및 이완기혈압 변화의 회귀선

수축기혈압의 事前, 高地, 事後의 分散分析한 結果를 보면 $F(2,252)=0.07$ 로 $P<0.933$ 수준에서 유의한 차를 나타내지 못한 것으로 나타났지만, 高地訓練의 경우가 다른 두 경우보다 더 높은 것은 高地에서 酸素분압의 影響으로 高地 특성의 환경에 적응하여 혈관의 수축작용에 다소 影響을 주었을 것으로 사료된다. .

<표 7> 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後의 수축기혈압의 分散分析

분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	435.2705882	217.6352941	0.07	0.933
오차	252	800860.0000	3178.0158730		
전체	254	801295.270588			

이상 점증적 부하기 동안 事前, 高地, 事後 血壓의 變化를 보면, 高地訓練의 結果가 유의한 수준으로 變化를 가져오지 못했지만 事前, 事後의 경우보다 高地訓練의 경우 상당한 수준으로 수축기혈압이 變化的 結果를 볼 때 高地의 높은 압력 환경에서 身體내의 혈관 수축작용에 影響을 주는 것을 통계적으로 알 수 있다.

또한 事前, 高地, 事後의 각 실험 시행에 따른 전체 평균 變化량을 볼 때 수축기혈압의 變化가 이완기혈압의 變化보다 더 높은 회귀식으로 變하여 감을 알 수 있다.

3) 漸增的 負荷의 증가에 따른 事前, 高地, 事後의 심박수 變化

부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後의 심박수 變化는 <표 8>, <그림 7>은 심박수 變化에 대한 회귀식, 그리고 訓練 효과에 대한 分散分析한 結果는 <표 9>와 같다.

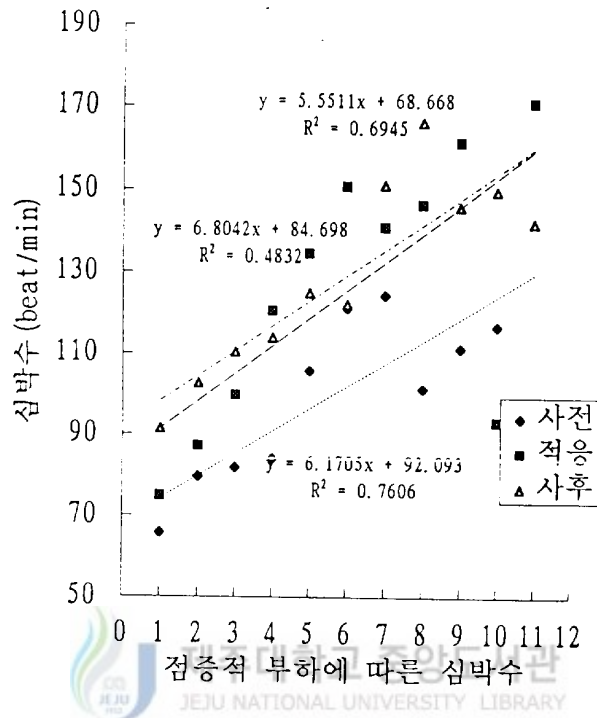
事前, 高地, 事後의 시행 회수 및 개인별 평균은 事前 100.81beat/min, 高地 121.88beat/min, 事後 119.20beat/min 으로 각각 나타났고, 가장 높게 나타난 것은 高地, 事後, 事前의 순으로 나타났다.

이 각각의 訓練 結果에 대한 分散分析한 結果는 $F(2,255)=8.72$ 로 $P<0.01$ 수준에서 유의한 차이를 나타내 이러한 結果로 볼 때 高地訓練을 하였을 경우가 가장 높은 심박수를, 다시 평지에 적응하는 동안 동일한 訓練 強度를 가하였을 경우가 事前의 경우에 비해 高地訓練의 효과가 통계적으로 크게 나타났음을 알 수 있다.

<표 8> 침층적 부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後的 심박수 變化

시 행 회 심 자	심박수 (KP)											개 인 평 균	
	1차0	2차0.5	3차1.0	4차1.5	5차2.0	6차2.5	7차3.0	8차3.5	9차4.0	10차4.5	11차5		
L 사진	80	90	93	56	78	105	80	82	90	105		85.90	
S 고지	66	127	120	80	108	125	70	55	150	98		99.90	
H 사후	76	71	83	87	90	57	69	124	107	104		86.80	
K 사진	44	96	69	107	119	149	131	110	99	105		102.90	
Y 고지	59	48	50	59	72	128	102	104	116	83		82.10	
K 사후	94	102	127	124	133	199	184	196	194	112		146.50	
K 사진	61	58	60	81	112	99	141	90	80	85		79.50	
Y 고지	52	75	94	113	145	156	176	190	183			131.50	
U 사후	85	105	118	105	153	175	183	196	181	186		148.70	
K 사진	78	74	79	104	110	123	106					96.20	
C 고지	52	75	94	113	145	156	176	190	183			131.50	
H 사후	77	96	119	123	91	116	175	185	191			130.30	
K 사진		89	116	78	102	107	122	119				104.70	
M 고지	97	103	117	144	121	162	139	121				125.50	
K 사후	96	107	118	143	105	78	97	142	96			109.10	
Y 사진		63	57	83	111	128	141	122	155			107.50	
S 고지	82	81	96	143	164	148	126	181	189			134.40	
I 사후	50	110	100	100	104	103	178	177	166	153	171	119.20	
L 사진		79	80	47	71	106	116	143	168	172		101.10	
H 고지	75	90	103	106	143	149	153	135	161	158		127.30	
S 사후	97	93	104	121	142	115	159	156	177	173		148.50	
K 사진		88	100	116	143	153	158	143				128.70	
H 고지	73	81	108	137	164	166	167	192				136.00	
S 사후	133	120	110	126	166	152	160	170				142.10	
K 사진													
K 고지	118	104	115	128	150	168	160	150	148	127	142	128.80	
E 사후	114	120	114	96	141	105	155	150	151	170		131.60	
전 체 평 균	사 전	65.75	79.62	81.75	84.00	105.75	121.25	124.37	101.42	111.33	116.75	100.81	
	고 지	74.88	87.11	99.66	120.50	134.66	150.88	141.00	146.44	161.42	93.20	171	121.88
	사 후	91.33	102.66	110.33	113.88	125.00	122.22	151.11	166.22	145.87	149.66	142	119.20

점증적 부하 동안 시행 회수에 따른 심박수 증가는 <그림 7>과 같이 高地의 경우 $y=6.8042x+84.698$, 事後의 경우 $y=6.1705x+92.093$ 에서 증가 경향이 높은 것으로 나타났고, 事前의 증가 회귀식은 $y=5.51x+68.668$ 로 가장 낮은 것으로 나타났다.



<그림 7> 漸增的 負荷에 따른 事前, 高地, 事後의 심박수 變化에 대한 회귀식

<표 9> 부하의 증가에 따른 심박수의 事前, 高地, 事後 訓練의 分散分析

분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	23833.32558	11966.66279	8.72	0.01
오차	255	349998.24419	1372.54213		
전체	257	373931.56977			

부하의 증가에 따른 事前, 高地, 事後의 심박수 變化를 종합하여 보면 高地訓練을 하였을 경우가 하지 않은 경우보다 훨씬 더 유의한 차이를 나타내었고, 다시 평지에 적응하는 동안 동일한 強度로 訓練을 하였을 경우가 事前의 경우보다 더 큰 차이를 나타낸 結果로 볼 때 高地訓練의 結果가 통계적으로 크게 나타남을 알 수 있다.

심박수의 증가과정 역시 事前보다 高地, 事後의 경우가 증가하는 기울기가 더 높은 結果로 미루어 高地訓練 과정에서 身體 내의 혈관 및 心臟에 높은 압력으로 인하여 影響을 미친 것으로 사료된다.

4) 事前, 高地, 事後 最大 酸素 攝取量의 變化, 최대하 부하수준 및 최대하 부하수준 도달 시간

事前, 高地, 事後 동안의 最大下 부하수준에서 最大 酸素 攝取량을 추정한(Astrand,P.O) 結果(김진원, 1982) 最大下 부하수준, 最大下 부하수준 도달 시간의 結果는 <표 10>과 같으며, 이의 分散分析한 結果는 <표 11>과 같다.

<표 10>에서 事前, 高地, 事後의 最大 酸素 攝取량은 事前 2.29 l/min, 高地 1.28 l/min, 事後 1.51 l/min으로 高地의 경우가 가장 적은 最大 酸素 攝取량을 나타내었다. 事前의 경우 $F(2,24)=4.68$ 로 $P<0.019$ 수준에서 각 訓練 結果 유의한 차이를 나타내었고, 高地 경우가 가장 적은 結果로 볼 때 事前의 最大 酸素 攝取량을 高地訓練 과정에서 충분히 적응하지 못하였음을 알 수 있다. 또, 事後의 結果로 미루어 볼 때 高地訓練의 기간은 15일 정도로는 충분하지 못하며 訓練強度를 더 강하게 시켜야 할 것으로 사료된다.

最大下 부하수준의 경우 事前, 高地, 事後의 각 평균은 事前의 경우가 最大 能力의 94% 수준, 高地의 경우 最大 能力의 88%수준, 事後의 경우 最大 能力의 85%수준인 것으로 각각 나타났고, 이의 分散分析한 結果는 $F(2,24)=0.09$ 로 $P>0.910$ 수준에서 事前, 高地, 事後 間에 訓練 효과에는 차이가 없음을 알 수 있다.

最大下 부하수준 도달 시간에서 事前, 高地, 事後의 結果는 事前의 경우 총 소요시간의 93.6%수준, 高地의 경우 총 소요시간의 88.7% 수준, 事後의 경우 총 소요시간의 86.22% 수준으로 각각 나타났다.

<표 10> 事前, 高地, 事後의 最大 酸素 攝取量, 最大下 負荷水準, 및 最大下 負荷水準 到達 時間

피검자	산소섭취량	최대산소 섭취량 (l/min)	최대하 부하수준		최대심박수 (HR/min)
			(KPM/Total KPM, %)	최대하 부하수준 도달시간(min,%)	
LSH	사전	3.5	2.5/3.5(83)	24/32(75)	105
	고지	1.8	4.0/4.5(88)	36/40(90)	150
	사후	3.5	3.5/4.5(78)	32/40(80)	124
KYK	사전	1.5	3.0/3.0(100)	32/32(100)	162
	고지	1.2	4.0/4.0(100)	36/36(100)	150
	사후	0.6	2.5/4.0(63)	24/36(67)	196
KYU	사전	1.9	3.0/3.0(100)	28/28(100)	141
	고지	1.1	3.5/4.0(88)	32/36(89)	191
	사후	0.7	3.5/4.5(88)	36/40(90)	196
KCH	사전	2.5	2.5/3.0(83)	24/28(86)	123
	고지	1.2	4.0/4.0(100)	36/36(100)	171
	사후	1.23	4.0/4.0(100)	36/36(100)	191
KMK	사전	3.5	3.5/3.5(100)	32/32(100)	119
	고지	1.4	2.5/3.5(83)	24/32(75)	163
	사후	2.45	3.5/4.0(88)	32/36(89)	142
YSI	사전	2.15	4.0/4.0(100)	36/36(100)	155
	고지	1.1	4.0/4.0(100)	36/36(100)	189
	사후	0.6	2.5/4.5(63)	24/40(60)	198
LHS	사전	1.6	4.5/4.5(100)	40/40(100)	172
	고지	1.7	4.0/4.5(88)	36/40(90)	161
	사후	1.4	4.0/4.5(88)	36/40(90)	177
KHS	사전	1.7	3.0/3.5(86)	28/32(88)	158
	고지	0.9	3.5/3.5(100)	32/32(100)	192
	사후	1.4	3.5/3.5(100)	32/32(100)	170
KKE	사전				
	고지	1.2	2.5/5.5(45)	24/44(55)	168
	사후	1.78	4.5/4.5(100)	44/44(100)	170
평균	사전	2.29	3.25/3.5(94)	30.50/31.5(93.6)	141.87
	고지	1.28	3.55/4.16(88)	32.44/36.9(88.7)	170.55
	사후	1.51	3.50/4.22(85)	32.90/38.2(86.22)	173.77

이의 分散分析한 結果는 $F(2,24)=0.74$ 로 $P>0.492$ 수준에서 각 事前, 高地, 事後 간에 유의한 차이가 나타나지 않았지만 事前의 경우보다 高地, 事後의 경우가 총 소요시간에 대해 더 압박해서 나타난 結果(타이밍을 효율적으로 조정)로 볼 때 이는 오랫동안 평지에서 적용된 경우와 짧은 시간 동안 다른 환경에 적응하는 시간의 結果로 사료되며, 高地訓練 시간을 더 오래 하였을 경우 통계적으로 最大하 부하 도달시간에서 타이밍이 조절되어 더 나은 訓練 效果를 가져올 수 있을 것으로 사료된다.

<표 11> 事前, 高地, 事後 訓練 間의 最大 酸素 攝取量의 分散分析

최대 산소 섭취량					
분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	4.92920741	2.46460370	4.68	0.019
오차	24	12.62860000	0.52619167		
전체	26	17.55780741			
최대하 부하 수준					
분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	53.40740741	26.70370370	0.09	0.910
오차	24	6788.22222222	282.84259259		
전체	26	6481.62962963			
최대하 부하 도달 시간					
분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	259.55555556	129.77777778	0.73	0.492
오차	24	4265.11111111	177.7129630		
전체	6	4524.66666667			

2. 回復期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果

1). 事前, 高地, 事後 訓練 후 혈중 젖산 농도 회복율

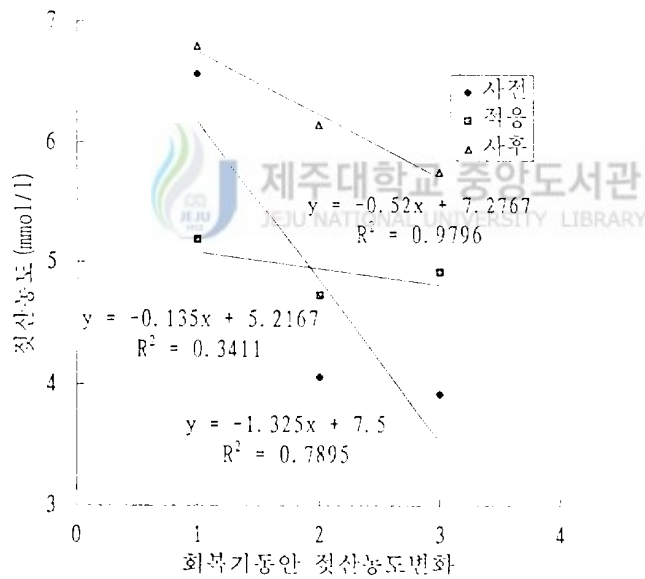
事前, 高地, 事後 3회의 實驗 시행 동안 젖산 농도의 회복율 나타낸 結果는 <표12>와

<표 12> 事前, 高地, 事後 訓練 후 혈중 젖산 농도의 회복율

피검자	시행	1차(2분후)	2차(4분후)	3차(6분후)	개인평균	회복율(%)	
						1-2차	1-3차
LSH	사전	3.69	3.66	2.93	3.42	-1.06	-25.93
	고지	7.04	5.82	7.27	6.71	-20.96	+3.17
	사후	10.02	8.34	7.76	8.70	-20.14	-31.44
KYK	사전	7.88	5.60	5.09	6.19	-40.71	-54.81
	고지	5.87	5.53	3.61	5.00	-6.143	-62.60
	사후	5.85	5.13	6.17	5.71	-14.03	+5.19
KYU	사전	6.66	5.34	5.33	5.77	-24.71	-24.95
	고지	3.41	5.69	6.77	5.29	+40.08	+49.64
	사후	8.37	7.57	7.14	7.69	-10.56	-17.22
KCH	사전	5.91	4.04	3.81	4.58	-46.28	-55.11
	고지	4.69	3.46	3.91	4.02	-35.51	-19.94
	사후	7.59	7.67	6.57	7.27	+1.051	-15.52
KMK	사전	2.06	1.68	1.32	1.68	-22.61	-56.06
	고지	4.68	4.67	4.20	4.51	-1.001	-11.42
	사후	3.58	3.45	3.00	3.34	-3.76	-19.33
YSI	사전	2.85	3.09	3.12	3.02	+7.77	+8.66
	고지	4.42	4.26	4.13	4.27	-3.75	-7.02
	사후	6.79	3.68	1.06	3.84	-84.51	-64.05
LHS	사전	5.44	2.44	3.81	3.89	-55.15	-42.78
	고지	2.43	3.40	2.77	2.86	+28.53	+12.28
	사후	6.90	4.70	6.60	6.06	-46.80	-4.54
KHS	사전	9.04	6.77	5.93	7.24	-33.53	-52.44
	고지	6.81	3.40	4.16	4.79	-50.00	-63.70
	사후	6.25	5.13	5.36	5.58	-21.83	-16.60
KKE	사전						
	고지	7.36	6.37	7.51	7.08	-15.54	+2.00
	사후	5.91	10.40	8.19	8.16	+43.20	+27.81
전체 평균	사전	6.57	4.06	3.92	6.26	전체	평균
	고지	5.19	4.73	4.92	4.94	1-2차	1-3차
	사후	6.80	6.15	5.76	4.47	-16.84	-20.64
평균 회복율	사전						
	고지	-26.58	+14.17	+20.59	26.72		
	사후	+4.40	+33.99	+32.12	40.04		

값고, 이의 分散分析한 結果는 <표 13>, 회복 경향을 나타낸 회복 경향선은 <그림 8>와 같다.

<표 12>에서 전체 피검자의 3회에 걸친 개인 전체 평균은 事前의 경우 1차에서 6.26mmol/L, 2차에서 4.94mmol/L, 3차에서 4.47mmol/L로 변화였고, 이에 대한 分散分析한 結果는 $F(2,78)=6.39$ 로 $P<0.002$ 수준에서 유의한 차이를 나타내었으며, 부하 시 각 2분 간격으로 혈중 젖산의 농도는 事前, 高地, 事後 間에 큰 차이를 나타내었음을 알 수 있다. 즉 事前에서 高地訓練 間에 26.72%, 事前에서 事後 間에 40.04%의 젖산 농도의 축적율이 감소하였음을 알 수 있고, 이는 高地訓練 結果 회복율에 큰 影響을 준 것으로 사료된다. 또한 1차 회복기에서 2차 회복 기간에 혈중 젖산 농도의 감소율은 16.84%, 1차에서 3차까지 회복율은 20.64%로서 회복기 동안 각 實驗 시행 동안의 회복율은 서서히 이루어지고 있는 것으로 사료된다.



<그림 8> 회복기 동안 혈중 젖산 농도의 실험 시행 동안 회복 경향

즉 회복기 3회 동안의 회복 경향선을 보면 高地訓練의 경우 $y=-0.135x + 5.2167$, 事前의 경우 $y=-1.325x + 7.5$, 事後의 경우 $y=-0.52x + 7.2767$ 의 회귀방정식으로 각각 나타났고, 이 중 高地訓練의 경우가 가장 서서히 회복되는 것으로 나타났다.

<표 13> 事前, 高地, 事後 訓練 후 혈중 젖산 농도의 회복율에 대한 分散分析

분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	44.65436296	22.32718148	6.39	0.002
오차	78	272.56445926	3.49441614		
전체	80	317.21882222			

회복기 동안 혈중 젖산 농도의 회복 과정을 종합하여 보면 高地訓練의 경우가 事前보다 뚜렷한 회복율을 나타내었고, 事後 역시 高地訓練의 結果로 회복율에서 事前과 큰 차이를 나타내어, 高地訓練의 효과가 통계적으로 큰 것으로 사료된다.

2) 回復期 동안 事前, 高地, 事後 심박수 변화

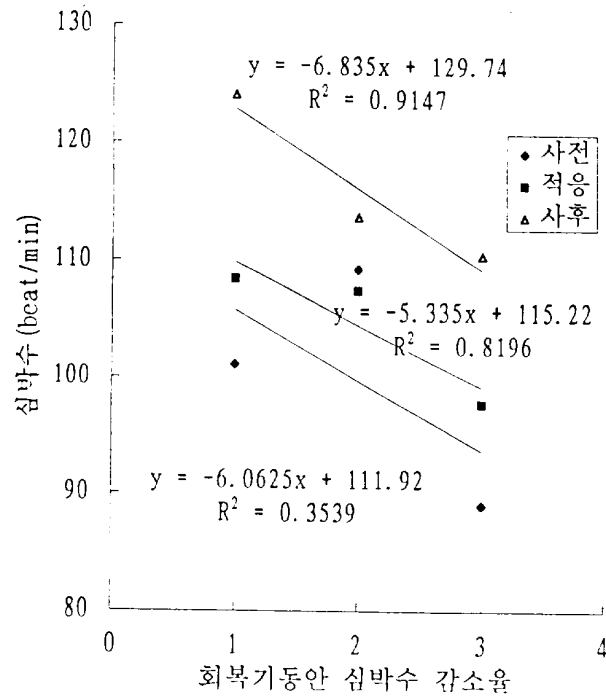
회복기 동안 事前, 高地, 事後間 심박수 變化를 分析한 結果는 <표 14>, 이의 分散分析 結果는 <표 15>, 회복기 동안 심박수 감소 경향을 나타낸 結果는 <그림 9>와 같다.

<표 14>에서 개인별 事前의 평균은 94.99beat/min, 高地의 경우 평균 104.55beat/min, 사 후의 경우 116.20beat/min 으로 각각 나타났고, 事前과 高地 間의 평균 변화율은 9.15% 증가, 事前에서 事後 間에 變化는 18% 증가한 것으로 나타났다. 회복율에서는 1차에서 2차 간에 평균 10.19% 감소(회복), 1차에서 3차간 평균 14.28% 감소(회복)를 나타낸 바, 회복이 서서히 되고 있음을 알 수 있다.

이러한 結果를 分散分析한 結果는 $F(2,78)=11.34$ 로 $P<0.001$ 수준에서 유의한 차를 나타내었고, <그림 9>에서 회복기 동안 감소율의 회귀선은 事前의 경우 $y=-6.0625 + 111.92$, 高地의 경우 $y=-5.335x + 115.22$, 事後의 경우 $y=-6.835 + 129.74$ 의 회귀 방정식으로 각각 나타났고, 이 중 高地의 경우가 가장 빠른 경향으로 회복되고 있음을 알 수 있다.

<표 14> 回復期 동안 事前, 高地, 事後의 心拍數 變化

피검자	시행	1차(2분 후)	2차(4분 후)	3차(6분 후)	개인평균	회복율	
						1-2차	1-3차
LSH	사전	90	105	89	94.66	+14.29	-4.12
	고지	105	103	104	104.00	-1.94	-0.96
	사후	104	103	80	95.66	-97	-30
KYK	사전	110	99	105	104.66	-11.11	-4.76
	고지	79	83	84	82.00	+5.10	+5
	사후	112	165	141	139.33	+32.13	+20.57
KYU	사전	90	85	80	85.00	-5.88	-12.50
	고지	118	111	107	112.00	-6.30	-10.28
	사후	123	94	95	104.00	-30.85	-29.47
KCH	사전	102	88	76	88.67	-15.90	-34.21
	고지	105	111	91	102.33	+5.41	-15.38
	사후	112	101	104	105.67	-10.89	-7.69
KMK	사전	68	84	68	73.33	+19.05	0
	고지	115	108	72	98.33	-6.48	-59.72
	사후	127	104	98	109.67	-21.11	-29.59
YSI	사전	108	77	75	86.67	-40.25	-44.00
	고지	111	118	109	112.67	+5.96	-1.83
	사후	144	123	124	130.33	-17.07	-16.12
LHS	사전	116	110	107	111.00	-5.45	-8.41
	고지	109	109	99	105.67	0	-10.10
	사후	154	107	113	124.67	-43.92	-36.28
KHS	사전	125	113	110	116.00	-10.61	-2.72
	고지	117	106	100	107.67	-10.37	-17.00
	사후	132	118	110	120.00	-11.86	-20.00
KKE	사전						
	고지	117	118	114	116.33	+0.85	-2.63
	사후	109	108	129	115.55	-0.92	+0.84
전체 평균	사전	101.125	109.25	89	94.99		
	고지	108.44	107.44	97.77	104.55		
	사후	124.11	113.66	110.44	116.20	전체	평균
평균 회복율	사전					1-2차	1-3차
	고지	6.75	1.01	8.98	+9.15	-10.19	-14.28
	사후	18.53	3.89	19.42	+18.26		



<그림 9> 회복기시 심박수 변화



<표 15> 事前, 高地, 事後 訓練 후 심박수 변화에 대한 分散分析

분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	5717.802469	2858.901235	11.34	0.001
오차	78	19668.44444	252.159544		
전체	80	25386.246914			

회복기 동안 심박수 회복율을 종합하여 보면 高地訓練의 結果로 事前의 경우보다 훨씬 빠르게 회복되고 있음을 통계적으로 알 수 있고, 1차, 2차, 3차 회복기간의 회복율은 서서히 이루어지고 있음을 알 수 있다.

3. 高地訓練을 통한 중학교 중장거리 選手의 生理的 變化가 경기력에 미치는 影響

高地訓練이 평지에서 경기 기록에 미치는 影響을 알아보기 위하여 分析한 기록표 및 이를 分散分析한 結果는 <표 16, 17>과 같다.

<표 16> 에서 각 피검자마다 최고 기록에 대한 事前의 기록은 평균 12분08초, 高地訓練의 경우 평균 11분 06초, 事後의 경우 평균 11분 46초로 각각 나타났으며, 高地訓練의 경우가 가장 좋은 기록을 보였고, 그 다음이 事後, 事前의 순서로 각각 나타났다.

<표 16> 피검자의 事前, 高地, 事後 경기 기록

구 분 피검자	기 록			종 목
	사 전	고 지	사 후	
L.S.H	10분 31초	10분 23초	10분 32초	3,000m
K.C.H	11분 07초	10분 51초	10분 59초	3,000m
K.Y.K	11분 15초	10분 55초	11분 03초	3,000m
K.Y.U	11분 23초	10분 59초	11분 06초	3,000m
K.M.K	12분 09초	11분 53초	12분 12초	3,000m
Y.S.I	12분 11초	11분 54초	12분 24초	3,000m
L.H.S	12분 32초	12분 08초	12분 38초	3,000m
K.H.S	13분 19초	11분 47초	12분 09초	3,000m
K.K.E				3,000mw
평 균	12분 08초	11분 06초	11분 46초	

<표 17> 高地訓練 結果 生理的 變化가 경기력에 미치는 影響에 대한 分散分析

분산 요인 (Source)	자유도 (DF)	평방합 (SS)	평균 평방 (MS)	분산비 (F Value)	유의도 (PR)
처리	2	1.59005833	0.79502917	1.24	0.309
오차	21	13.44952500	0.64045357		
전체	23	15.03958333			

그러나 이러한 事前, 高地, 事後의 평균 차이를 分散分析한 結果는 $F(2, 21)=1.24$ 로 $P>0.309$ 수준에서 事前, 高地, 事後의 기록간에는 유의한 차가 없는 것으로 나타났다.

V. 結 論

本 研究는 시험을 앞두고 있는 제주서중학교 중장거리 選手 9명을 對象으로 平地와 酸素 分壓이 다른 환경인 해발 1300m 영실 등반로 주변에서 訓練 프로그램을 작성하여 15일간 高地訓練과 병행하여 실시하였다.

平地 수준에서 實驗 變因과 高地訓練 후 實驗 變인, 다시 平地 수준에 적응한 후 實驗 變인을 가지고 중학교 중장거리 選手의 生理的 變化를 알아보기 위하여 本 研究에 착수하였다. 그 結果 얻은 結論은 다음과 같다.

1. 漸增的 負荷期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果

1) 혈중 젖산 농도

점증적 부하기 동안 혈중 젖산 농도는 高地訓練을 하였을 경우가 하지 않은 경우보다 혈중 젖산 농도의 축적량은 더 감소하였고, 高地訓練 후 다시 平地에서 訓練을 하였을 경우 점차적으로 事前의 條件으로 적응해 가고 있음을 알 수 있었으며, 이는 $F(2, 258)=3.22$ 로 $P<0.041$ 수준에서 통계적으로 유의하였다.

지구성 能力은 事前의 경우보다 高地訓練을 하였을 경우가 평균 9.50%, 事前보다 事後의 경우가 12.88%의 증가를 나타내었다.

2) 血壓 變化

高地訓練의 結果 통계적으로는 유의한 수준의 變化를 가져오지 못했지만 事前, 事後의 경우보다 高地訓練의 경우 高地의 酸素 分壓이 낮아진 影響으로 수축기혈압이 變換 結果를 볼 때 高地의 절대압이 낮은 압력 환경에서 적응하는 과정에 身體내의 혈관 수축 작용에 影響을 미치는 것으로 나타났다.

3) 心拍數

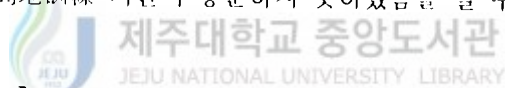
事前의 경우보다 高地訓練을 하였을 경우와 다시 평지에서 적응하는 동안 동일한 訓練強度를 가하였을 경우 高地訓練의 효과가 $F(2,255)=8.72$ 로 $P<.001$ 수준에서 통계적으로 유의하였다.

4) 最大 酸素 攝取量, 最大下 負荷水準 및 最大下 負荷水準 到達 時間

最大 酸素 攝取量의 경우는 高地訓練의 경우 事前의 最大 酸素 攝取量을 高地 및 事後 적응 과정에서 충분히 적응하지 못한 결과가 $F(2,24)=4.68$ 로 $P<.015$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타난 바, 高地訓練의 기간은 최소한 4-6주가 바람직할 것으로 사료된다.

最大下 負荷수준의 경우 事前이 最大 能力의 94%수준, 高地訓練의 88%수준, 事後의 85%수준으로 나타났으나, 통계적으로는 유의하지 못한 것으로 나타났다.

最大下 負荷수준의 총 소요시간에 대한 도달 시간이 事前의 경우 93.6%, 高地訓練의 경우 88.7%, 事後의 경우 86.22% 수준인 것으로 나타난 바, 통계적으로는 유의한 차는 없지만 事前이 高地訓練과 事後보다 더 근접해 출현하여 事前의 경우가 타이밍을 효율적으로 조정했다고 보며, 高地訓練 기간이 충분하지 못하였음을 알 수 있다.



2. 回復期 동안 事前, 高地, 事後 實驗 結果

1) 혈중 젖산 농도

혈중 젖산 농도가 高地訓練의 경우에 事前보다 뚜렷한 회복율을 나타내었고 事後 역시 高地訓練의 結果로 회복율에서는 事前과 큰 차이를 나타내어, 高地訓練의 효과가 $F(2,78)=6.39$ 로 $P<.002$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

2) 심박수 변화

심박수의 회복은 高地訓練의 結果로 事前의 경우보다 훨씬 빠르게 회복 경향을 나타내

있음이 $F(2,78)=11.34$ 로 $P<0.001$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났고, 1차, 2차, 3차 회복 기간의 회복율은 서서히 이루어졌다.

3. 高地訓練을 통한 중학교 중장거리 選手의 生理的 變化가 경기력에 미치는 影響

高地訓練의 結果 事前, 高地, 事後 間에 경기 기록면에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이상 結論을 종합 정리하면 중학교 중장거리 選手의 경우 시험기에 임박하여 高地訓練 기간을 2주보다 많은 4-6주 동안 실시 할 경우 통계적으로 유의한 차이를 나타낼 변인은 집중적 運動 부하기 동안 혈중 젖산 농도, 심박수, 最大 酸素 攝取量, 최대심박수, 最大下 부하수준의 증가 및 最大下 부하수준 도달 시간에서 타이밍을 조정할 수 있을 것으로 나타났다.

또한 高地訓練으로 인하여 회복기 동안 혈중 젖산 농도 및 심박수의 회복율에 통계적으로 유의한 차이를 나타낼 것으로 사료된다.



參 考 文 獻

- 권태동의 3인(1984). “장거리 選手의 식사요법 訓練이 運動時 혈중 Glucose 농도와 기록에 미치는 影響”. 한국체육학회지, 32-2, 83-93.
- 김중훈(1976). “체육 生理學”. 형설출판사, 105-124.
- 김진원(1982). “運動 生理學”. 학문사.
- 김진원(1980). “運動生理學 實驗 메뉴얼”. 진양사, 56.
- 김장규, 이강평, 정성태, 홍양자(1983). “체육과 運動경기의 生理學籍 기초”. 372-375
- 박근홍(1988). “여자중학생의 최대자업시 유산소능력 및 혈액성분 變化에 관한 측정 研究”. 석사학위논문, 이화여자대학교.
- 박철부(1979). “체육해부 생리”. 형설출판사, 171.
- 성동진(1986). “運動處方과 生理學”. 금광.
- 성동진(1989). “運動處方과 生理學”. 형설출판사.
- 오형석(1964). “運動選手의 生理的 變化에 관한 研究”. 스포츠과학연구보고서, 19-31.
- 이정재, 허남희(1983). “高度에 따른 體力要因 變化에 관한 研究”. 한국체육학회지, 22-2.
- 이상호(1969). “高地環境에서의 最大運動能力에 관한 研究”. 박사학위논문, 연세대학교.
- 정성태(1992). “運動生理學”. 태근문화사, 32-33, 36-38.
- 정성태(1976). “체육의 생리학적 기초”. 동화문화사, 138-144
- 조성규(1982). “Aerobic Dancng 후 심박수의 變化”. 한국체육학회지, 21-1, 120-126.
- 최 현(1988). “人體生理學”. 수문사, 153.
- 福永哲夫(1977) “여러가지 스포츠 活動의 心拍數”. 體育科學, 31-7, 506-507.
- 山地啓司(1982) “心臟과 스포츠”. 共立出版, 47-48.
- 中野昭一, 小林康孝(1979). “運動과 肝 技能- 血中 諸物質의 變動, 특히 血糖, 脂質, 一脫 酸素의 面에서, 體育科學, 31-7.
- Astrand, P.-O : Circulatory and respiratory response to acute and prolonged hypoxia during heavy exercise. Schweizerische Z.fur Sportmedizin. 14:16-26, 1977.

- Fox, E.L., Bower, R.W., and Foss, M.L. (1988). The physiological basis of physical education and athletics, 4th ed. Dubuque Iowa, Wm.C. Brown publishers.
- Fraser, R.S and Chapman, C.B : Studies on effect of exercise on cardiovascular function
- Frick, M., Elovainio, R., and Somer, T. (1967). The mechanism of bradycardia evoked by physical training. *Cardiologia*, 51:46-54.
- Goddard, R.F. (ed.): "The International Symposium on the Effects of Altitude on Physical performance," The Athletic Institute, Chicago, 1967
- Hermansen L, Osnes J-B. (1972) : Blood and muscle pH after maximal exercise in man. *J. Appl. Physiol.* 32:304-308
- Hill, A. V., Long, C. N. H., and Lupton, H., Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. pt. I-III. *proc. Roy. soc. B.* 96:438. 1924.
- Ishiko, T. (1967). Aerobic capacity and external criteria of performance. *Can. Med. Assoc. J.* 96:697-702. 1967.
- Jokl, A. and P. (eds.): "The International Symposium on the Effects of Altitude on Physical performance," The Athletic Institute, Chicago, 1967.
- Luft, U. C: Aviation Physiology : The effect of Altitude, in W. O. Fenn and H. Margaria, R. (ed.): "Exercise at Altitude," *Excerpta Med. Found., Amsterdam*, 1967
- Pugh, L.G.C.E.: Muscular exercise at great Altitudes. In Weihe, W. (ed.): *The physiological Effects of High Altitude.* NEW YORK. MacMillan Co. pp209-210, 1964.
- Rahn (eds.): "Hand book of Physiology," sec. 3, Respiration, Vol. 2, P.1099, American Physiological Society, Washington, D. C., 1964 b.
- Rode, A., and Shephard, R. (1971). The influence of cigarette smoking upon the oxygen cost of breathing in near-maximal exercise. *Med. Sci. Sports.* 3(2):51-55.
- Roskamm, H, L. Samek, H. Weidemann, and H. Reindell: "Leistung und Höhe," Knoll AG, Ludwigshafen am Rhein, 1968
- Weihe, W. H. (ed.) : "The Physiological Effects of high Altitude," The Macmillan company, New York, 1964

<Abstract>

A study on the change of physiological mechanism in middle-marathoner through altitude training

Kang, Yin-Tae

Physical Education Major

Graduate School of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Ihm Sang-yong



The study was undertaken to analyze the difference of physiological change between 1300m altitude and sea level training and The effects of altitude on athletic performance after 15 days on focused on middle school 9 athletes(3000m event).

The conclusions obtained were as follows:

* A thesis submitted 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 February, 1996.

1. Experimental results of pre(sea level), altitude(1300m) and post(sea level) during increasing load phase

1) Blood lactate concentration

The blood lactate concentration during increasing load phase showed less value in altitude training than was not else, and adaptation to pre condition of physiological mechanism was accompanied with post training(sea level). The results was shawed a significant difference statistically in level $P<0.0041$, $F(2,258)=3.22$ and also endurance capacity was improved by altitude training.

2) Blood pressure

The effect of altitude training did not shown significant difference statistically in blood pressure but due to lower O_2 pressure in air, systolic blood pressure was the highest in all subjects.

3) Heart rate

The effect of altitude training was shawed significant difference statistically in level $P<0.001$, $F(2,255)=8.73$ in heart rate.

4) VO_2 max, Submax load and timing(to submax load)

The effect of VO_2 max improvement due to 1300m altitude training was shawed significant difference statistically in level $P<0.015$, $F(2,24)=4.68$ and this result suggest a longer altitude training period than 2 weeks.

The submax load level was level 94% in pre phase, 88% in altitude training, and 88% in post phase, but was not significantly different statistically.

The timing(to submax load) was level 93.6% in pre phase, 88.7% in altitude training, and 86.22% in post phase. Therefore the altitude training period in the study was

sufficient for adaptation to altitude condition.

2. Experimental results of pre(sea level), altitude(1300m) and post(sea level) during recovery phase

1) Blood lactate concentration

The blood lactate concentration during recovery phase showed significant difference in altitude training than was normally I and the recovery ratio showed a significant difference statistically in level $P < 0.002$, $F(2,78) = 6.39$.

2) Heart rate

The recovery ratio in heart rate after altitude training showed a significant difference statistically in level $P < 0.001$, $F(2,78) = 11.34$ in heart rate and more quickly recovered than normally..

3. The influence to performance due to physiological change through altitude training was not shown significant difference statistically

4. Therefore, perhaps it is necessary longer training period, or rougher training(intensity, period, duration) for improvement of physiological mechanism(blood lactate concentration, heart rate, VO_2 max, Timing, Submax load level) through altitude training for middle marathoner.