

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화

임상용¹⁾ · 강인태²⁾

- 목 차 -

Abstract	1. 점증적 부하기동안 사전, 고지, 사후실험 결과
I. 서론	2. 회복기 동안 사전, 고지, 사후 실험결과
II. 연구방법	3. 고지훈련을 통한 중학교 중장거리 선수의 생리적 변화
1. 연구대상	IV 결 론
2. 평지 및 고지에서 훈련 방법	참고문헌
3. 실험 절차	
4. 자료처리	
III. 연구결과	

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

Ihm, Sang-yong · Kang, Yin-Tae

ABSTRACT

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:

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

1) 제주대학교 체육학과 교수

2) 제주서중학교 교사

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 shawed 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 shawed 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, perhap it is necessary longer training period, or rougher trining (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.

1. 서론

1. 연구의 필요성

고지에서 인체 생리의 적응과 변화 현상에 관한 연구는 여러 분야에서 많은 학자들에게 중요한 관심의 대상이 되어 오고 있다. 고지에 대한 연구는 고산지인들, 등반인들 및 스포츠와 관계되는 고지훈련, 항공 의학 등의 분야에서 활발한 연구를 해 오고 있다.

이에 대한 대표적인 연구 보고를 살펴보면, 1920년대 영국의 생리학자인 Josep Barcroft가 페루의 고산지대에 거주하는 고산지인들을 연구하기 시작한 이래로 반세기가 넘게 많은 학자들이 이 문제를 조사해 오고 있으며, 미국의 San Marcos 대학은 Instiute of Anden Biology를 설립하여 고지에 관한 연구를 계속하고 있다. 최근에는 펜실베니아 주립대학이 Peru의 Nunoa에 연구소를 만들어 고지에 관한 주요한 연구를 하고 있으며, 캘리포니아 대학의 연구팀도 White Mt.에 관한 연구의 주축 되고 있다. (이경제, 여남희, 1983)

또한 Edmund Hillary경이 이끄는 동계 히말리아 등반대는 최초로 1960년 9월부터 8개월 동안 5,790m 이상에 머물면서 고도에 따른 생리학적, 의학적 측면에서 과학적인 탐험 등반을 하여 고도 등반에 관한 주요한 자료들을 보고한 바 (L.G.C.E, Pugh, 621:1964)가 있다. 그리고 미국의 생리학자인 J. B. West가 이끄는 히말리아 등반대들도 1981년 10월에 의학적인 연구 탐험을 하여 중요한 자료들을 보고하였다.

최근에 몇 가지 국제 심포지엄이 개최되어 고지에서의 신체적 운동 성적에 관한 문제가 다루어졌었다. (Weihe,1964; Luft,1964 b; Margania,1967; Goddard,1967; Jokl,1968; Roskamm et al.,1968)

한편, 스포츠와 관계된 고지 생리에 관한 연구는 1968년 2,300m의 고도에서 개최된 Mexico Olympic을 전후하여 많은 운동 생리학자들이 고지 적응 훈련 모델을 연구 보고하였다.

특히 국내 생리학자 중 이경제, 여남희(1983)는 히말리아 등반을 실시하는 대학생 군을 대상으로 고지에 따른 생리 및 체력 요인의 변화에 관한 연구를 발표하였다.

이와 같이 고지에서의 인체 생리의 적응과 변화 현상에 관한 연구는 주로 순수 생리와 의학적인 측면에서 행해져 오고 있어, 아직도 고도에 따른 체력 요인의 변화에 관한 연구는 그렇게 많지 않는 것으로 보인다. 이에 본 연구자는 고지훈련을 통한 중장거리 선수의 생리적 변화에 어떠한 영향을 미치는가를 비교 분석함으로써 중학교 중장거리 선수의 훈련 방법과 선수를 선발하는데 기초 자료가 될 것으로 본다.

2. 연구의 목적

본 연구는 중학교 중장거리 선수들을 대상으로 고지훈련을 통한 중장거리 선수의 생리적 변화를 규명하기 위해 다음과 같은 문제점을 밝히는데 그 목적을 두었다.

1) 사전(평지), 고지훈련, 사후(평지)에서의 생리적 변화를 점증적 부하기 동안 혈중 젖산농도의 변화, 수축기혈압 및 이완기혈압의 변화, 심박수 변화, 최대 산소 섭취량, 최대하 부하수준, 최대하 부하수준 도달 시간에서의 차이를 비교 분석 한다.

2) 사전, 고지훈련, 사후에서의 변화를 회복기 동안 혈중 젖산농도, 혈압, 심박수의 회복을

에서 차이를 비교 분석한다.

3) 고지훈련의 생리적 변화가 지구성 운동 능력에 미치는 영향을 비교 분석한다.

4) 고지훈련을 통한 중학교 중장거리 선수의 생리적 변화가 경기력에 미치는 영향을 비교 분석한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 제주서중학교 육상경기 중장거리 선수로 활동하고 있는 여자선수 5명, 남자선수 4명, 모두 9명을 대상으로 하였으며, 그들의 신체적 특성은 <표-1> 과 같다.

<표-1> 피검자의 신체 특성

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. 평지 및 고지에서 훈련 방법

1) 평지 및 고지에서의 훈련 환경

평지에서 중장거리 선수들에 가한 훈련의 환경은 산소 분압이 115.37mm/Hg, 평균 기온이 26.2℃인 훈련 장소에서 계획에 따라 훈련을 실시하고, 저녁에 귀가하였다가 정상적인 학교 시간에 다시 훈련에 임하는 형태였고, 고지에서는 15일간 전원 합숙 훈련을 실시하였다.

고지에서의 환경은 해발이 1,300m되는 영실 등반로 주변으로서 산소 분압은 127.94mm/Hg, 평균 기온은 18.6℃였다. 평균 일조량은 평지에서 평균 7.23시간, 고지에서 평균 5.12시간 이어서, 평지에서보다 고지에서 일조량이 훨씬 적었으며, 따라서 고지의 습도 역시 평지보다 훨씬 많은 상태였다. 평지의 자연 환경은 학교 운동장으로서 주위에 우거진 숲이 없는 상태였고, 고지의 경우는 연중 울창한 숲이 있는 아열대 밀림 지역과 같은 환경의 특성을 지녔다.

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상용·강인태)

매일 실험군의 식사는 평지에서 거의 정상적인 3식 식단의 식사로 구성되었고, 고지의 경우는 정상적인 식사 외 충분한 간식을 하게 했다.

수면 시간은 평지의 경우 학교 훈련 후 각자 가정에서 자유로이 취침하는 형태였고, 고지의 경우는 오후 23:00가 되면 거의 취침에 들어가서 다음 날 06:00에 기상을 하여 운동에 임함으로써 평지보다 고지에서 더 규칙적인 생활을 했다.

2) 훈련강도, 빈도, 시간, 종류

훈련강도, 빈도, 시간, 종류는 <표-2, 3> 와 같다.

<표-2> 평지에서의 훈련 계획

내용 요일	훈 련 내 용	시간	장소	내용 요일	훈 련 내 용	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	오 동 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-3〉 고지에서의 훈련 계획

요일	훈련 내용	시간	장소	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	영실산악조난구조대	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 에르고미터 강도 2*2분 휴식*5세트 보강운동 및 정리체조	10분 80분 30분			준비체조 에르고미터 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	
수	(06:00~08:00) 준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 3Km 내리막 기록 측정 평지 50m*10회*95% 보강운동 및 정리체조	10분 20분 20분 15분 15분 40분	구조대 ↔ 대표소	목	(06:00~08:30) 준비체조 구조대→윗세오름 등반 휴식 윗세오름→구조대 하산 정리체조	5분 55분 10분 45분 5분	구조대 ↔ 윗세오름
	(10:00~12:00) 준비체조 에르고미터 강도 2*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 200m 조깅 100m*10회*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	
금	(10:00~12:00) 준비체조 에르고미터 강도 2*2분 휴식*5세트 보강운동 및 정리체조	10분 80분 30분		금	(16:00~18:00) 준비체조 Jogging 오르막 50m*20회*40초 휴식 내리막 50m*10회*30초휴식 보강운동 및 정리체조	10분 20분 50분 30분 10분	
토	(06:00~08:00) 준비체조 Jogging 유연체조 및 휴식 자유주	10분 80분 30분			토	(17:00~18:00) 준비체조 내리막1.5Km↔오르막.5km(3Km) 기록측정 보강운동 및 정리체조	10분 20분 30분 10분
일	개인 훈련 및 휴식						

3. 실험 절차

1) 실험 장비

평지 및 고지에서 사용되었던 측정용구는 <표-4>과 같다.

<표-4> 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	
Blood preasure	Japan, Omron co.	
Digital Blood Pressure	Japan "A & D"	Girth of body
Martin type anthropometrics	Japan, T.K.K., co.	
Bioelectrical Impedance Fatness Analysis(BIA) System	Japan, Toyo Physical.	

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, Bioelectrical Impedance Fatness Analysis System의 경우 사용 매뉴얼에 따라 사전에 한 명의 피험자를 대상으로 양와위로 누운 상태에서 신체 각 부위에 전극을 부착하여 나온 임피던스값을 프린트에 내장된 공식에 따라 체지방율을 산출하여 정상임을 확인한 후 실시하였다.

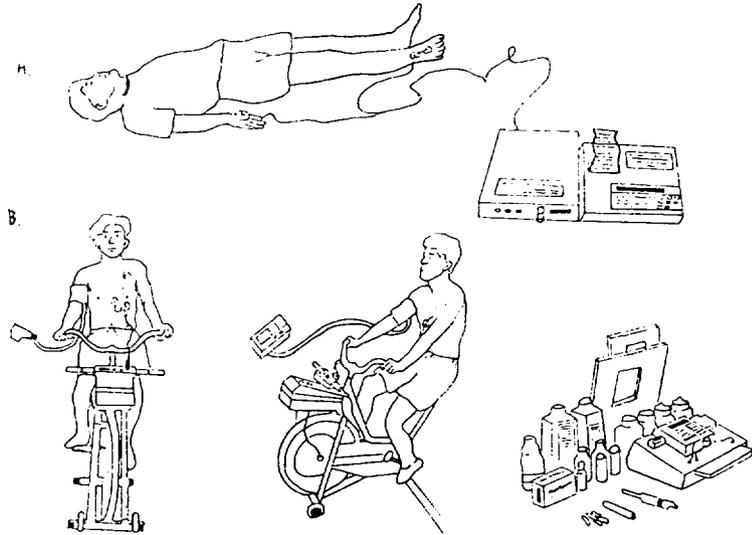
젖산분석시스템(YSI blood lactate analysis System)의 경우 1차적으로 혈액을 sampling하기 전에 기기의 민감도를 조정하는 과정에서 calibration을 한 결과 0.5 μ m가 될 때까지 기다려서 혈액을 채취하여 젖산 농도를 측정하였다.

원격 심박수 측정기(Telegraph system)는 자전거 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.

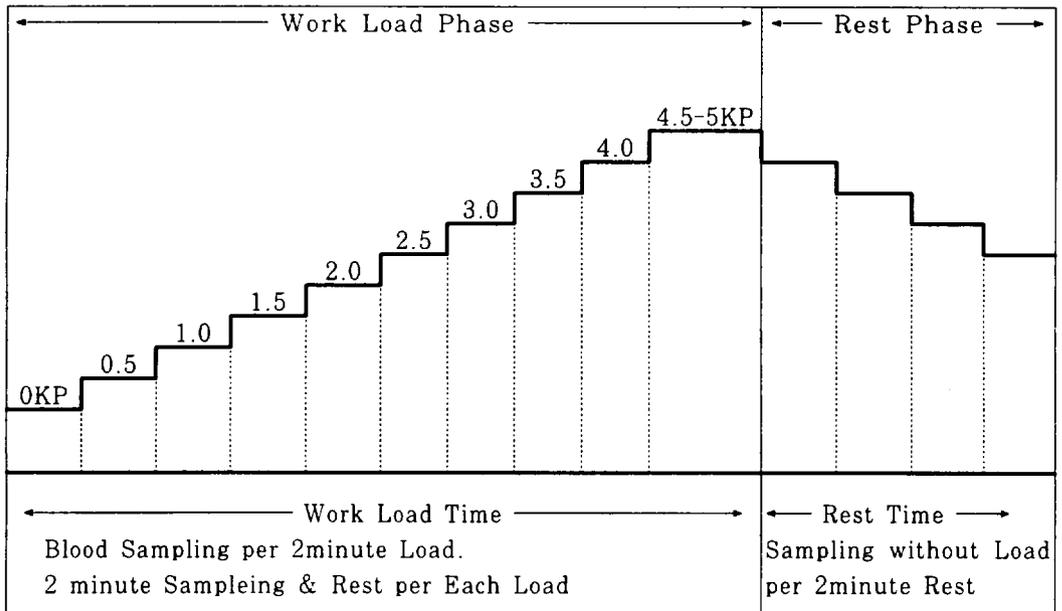
3) 부하 방법 및 측정 항목

피검자의 실험 과정 및 절차는 <그림-1, 2>와 같다.

평지 및 고지에서 각 피검자에게 Bicycle ergonometer를 이용하여 부하를 준 방법은 <그림-1>과 같이 시작의 신호와 동시에 60rpm을 유지하도록 하여 매 2분동안 달리게 했다. 부하



〈그림-1〉 실험장면 A. 체지방 측정 B. 에르고메타 부하 및 혈중 젖산 농도 측정



〈그림-2〉 점증적 부하방법

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 혈압을 측정함으로써 개인별 회복율을 파악하였다.

각 피검자마다 실험에 임하기 전에 전신 체지방의 비율을 알아보기 위해 생체전기저항법(Bioelectrical Impedance Fatness Analysis system)에 의해 사용 메뉴얼 대로 신체 각 부위에 전극을 부착하여 양와위로 반드시 누운 상태에서 전신 체지방율을 측정 한 후, 체격 요건(흉위, 요위, 체중, 신장)을 측정하였다.

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.

최대 산소 섭취량(김진원,1982)은 최대 산소 섭취량 추정식에 따라 산출하였고, 최대하 부하 및 최대하 부하 도달 시간은 각 피검자의 부하가 All Out 이전의 것으로 산정하였다.

4. 자료 처리

평지(Pre-test) - 고지훈련 - 평지(Post-test)의 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(pre-test)와 고지에서 같은 훈련의 빈도, 강도, 시간으로 훈련을 시켰을 때 최대 산소 섭취량과 혈중 젖산 농도의 차이를 알아보기 위해 종속 T-test를 실시하였고, 각 단계에 따른 최대 산소 섭취량 및 혈중 젖산 농도에서 차가 있는지를 검증하기 위해 ANOVA 검증을 하였다. 셋째, 부하가 점증적으로 증가하는 동안 실시한 시행 간의 변화에 대해 각 평지(사전), 고지훈련, 평지(사후) 간의 증가회수(독립변수)가 젖산 농도의 증가율(종속변수)에 미치는 변화를 알아보기 위해 회귀식을 통해 경향을 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후 실험 결과

연구 목적에 따라 본 연구의 실험 결과 추출한 변인은 사전, 고지, 사후의 3단계로 나누어 결과를 분석하였다. 분석 대상은 제주서중학교 중장거리 선수 9명을 대상으로 하였으며, 본 장은 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후의 혈중 젖산 농도의 변화, 수축기혈압과 이완기혈압의 변화, 심박수 변화, 최대 산소 섭취량, 최대하 부하수준, 최대하 부하수준 도달 시간 및 회복기 동안 사전, 고지, 사후의 혈중 젖산 농도 회복율, 심박수 변화에 미치는 영향에 대하여 집중 분석하였다.

1) 점증적 부하기 동안 혈중 젖산 농도의 변화

자전거에르거메타의 사전, 고지, 사후의 점증적 부하 상태에서 혈중 젖산 농도의 측정 및 분

산분석한 결과는 <표-5, 6> 및 <그림-3>와 같다.

<표-5> 부하의 증가에 따른 사전, 고지, 사후의 혈중 젖산 농도

피험자	시행	자전거에르거메타의 부하(KPM), 회수 및 젖산증가율										개인 평균	지구성 (↑%)	
		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>에서 점증적 부하를 주는 가운데 사전, 고지, 사후간에 측정된 각 시행마다 혈중 젖산 농도의 변화를 알 수 있으며, 9명 전체의 사전 평균이 3.46mmol/l, 고지 3.38mmol/l, 사후 4.32mmol/l로서 고지에서 훈련을 하였을 때 가장 적은 혈중 농도를 나타내었다. 이러한 차이

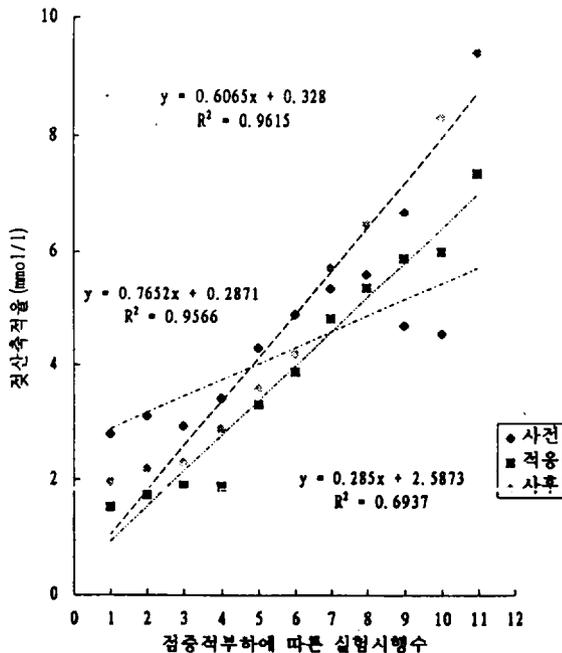
고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상웅·강인태)

는 $F(2, 258)=3.22$ 로 $P<0.041$ 수준에서 유의한 차이를 나타내었고, 지구성에 있어서는 모든 피검자가 사전의 경우보다 고지훈련을 하였을 경우가 평균 9.50%로 사전보다 사후의 경우가 12.88%의 증가를 보였다.

사전, 고지, 사후 각각의 경우 젖산 농도의 축적 정도를 나타낸 결과는 <그림-3>과 같으며 젖산 축적율이 가장 높은 경우는 사후로서 회귀식 $y=0.7652x + 0.2871$ 이었고, 고지 $y=0.6065x + 0.328$, 사전 $y=0.285x + 2.5873$ 의 경우보다 시행 회수의 증가에 따라 더 높은 기울기로 혈중 젖산 농도가 증가하는 것을 알 수 있다.

<표-6> 사전, 고지, 사후 훈련 후 점증적 부하에 따른 혈중 젖산 농도의 분산분석

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			



<그림-3> 부하의 증가에 따른 사전, 고지, 사후간 혈중 젖산 농도의 축적 변화

점증적 부하기 동안 혈중 젖산 농도에 대해 종합하여 보면 고지훈련을 하였을 경우가 하지 않았을 경우보다 젖산농도의 축적량은 더 감소하였고, 고지훈련 후 다시 평지에서 훈련을 하였

을 경우는 점차적으로 사전의 조건으로 적응해 감을 알 수 있다. 또, 고지훈련을 하였을 경우 전신지구성 능력에서 역시 증가함을 알 수 있으나 각각의 경우 실험시행 회수에 따른 젓산 축적율은 사후와 고지훈련을 하였을 때가 더 높은 것으로 나타났다.

2) 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후의 혈압 변화

사전, 고지, 사후간 각 피검자별 수축기혈압 및 이완기혈압의 측정 결과는 <표-7>, 사전, 고지, 사후간 수축기혈압의 분산분석한 결과는 <표-8>, 수축기혈압 및 이완기혈압의 점증적 부하 동안의 증가 회귀식은 <그림-4>과 같다.

<표-7>에서 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.

<그림-4>은 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.

<표-7> 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후의 수축기혈압 및 이완기혈압의 변화

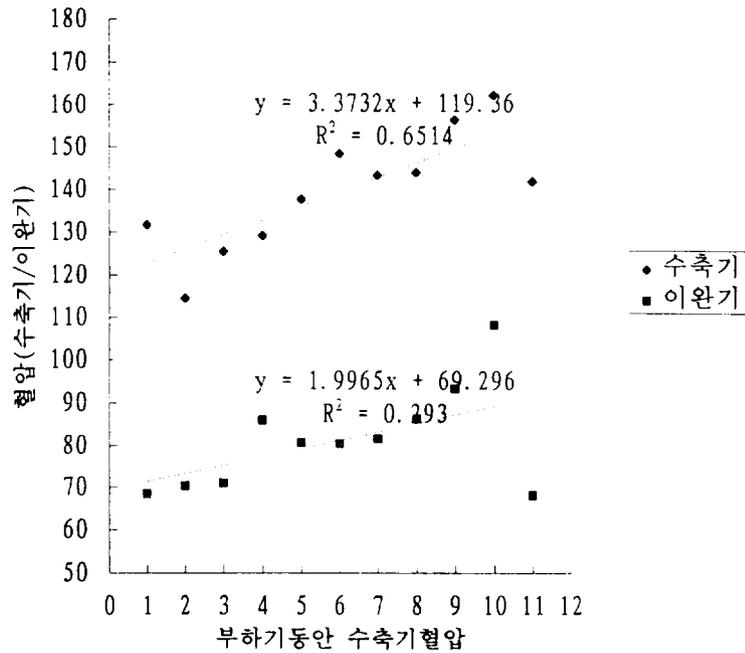
시행 피검자혈압		1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차	개인 평균
		0 KP	0.5KP	1 KP	1.5KP	2 KP	2.5KP	3 KP	3.5KP	4 KP	4.5KP	5KP	
사													
전													
LSH	수축기	113	108	146	154	139	182	120	135				137.13
	이완기	68	62	65	128	103	76	80	49				78.88
KYK	수축기	125	129	134	147	146	162	140					140.43
	이완기	70	76	64	90	91	95	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

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상용·강인태)

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	148.09	
	이완기	83	76	75	83	92	83	84	73	69	69	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

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.



〈그림-4〉 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후의 수축기혈압 및 이완기혈압 변화의 회귀선

〈표-8〉 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후의 수축기혈압의 분산분석

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 사전, 고지, 사후 혈압의 변화를 보면, 고지훈련의 결과가 유의한 수준으로 변화를 가져오지 못했지만 사전, 사후의 경우보다 고지훈련의 경우 상당한 수준으로 수축기혈압이 변한 결과를 볼 때 고지의 높은 압력 환경에서 신체내의 혈관 수축작용에 영향을 주는 것을 통계적으로 알 수 있다.

또한 사전, 고지, 사후의 각 실험 시행에 따른 전체 평균 변화량을 볼 때 수축기혈압의 변화가 이완기혈압의 변화보다 더 높은 회귀식으로 변하여 감을 알 수 있다.

3) 점증적 부하의 증가에 따른 사전, 고지, 사후의 심박수 변화

부하의 증가에 따른 사전, 고지, 사후의 심박수 변화는 〈표-9〉, 〈그림-5〉은 심박수 변화에 대한 회귀식, 그리고 훈련 효과에 대한 분산분석한 결과는 〈표-10〉와 같다.

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상용·강인태)

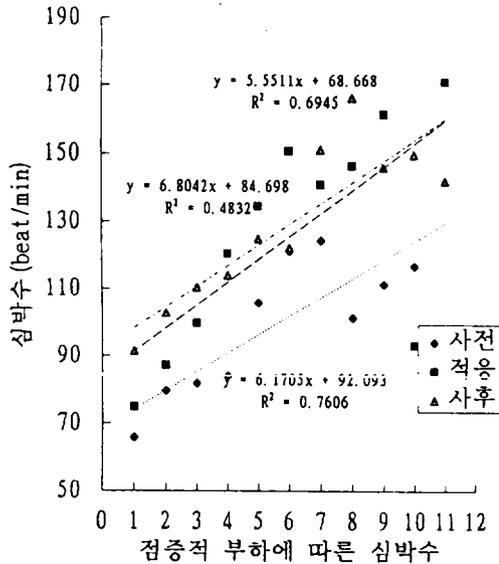
〈표-9〉 집중적 부하의 증가에 따른 사전, 고지, 사후의 심박수 변화

피검자	시행	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차	개인 평균
		0KP	0.5KP	1.0KP	1.5KP	2.0KP	2.5KP	3.0KP	3.5KP	4.0KP	4.5KP	5KP	
L S H	사전	80	90	93	56	78	105	80	82	90	105		85.90
	고지	66	127	120	80	108	125	70	55	150	98		99.90
	사후	76	71	83	87	90	57	69	124	107	104		86.80
K Y K	사전	44	96	69	107	119	149	131	110	99	105		102.90
	고지	59	48	50	59	72	128	102	104	116	83		82.10
	사후	94	102	127	124	133	199	184	196	194	112		146.50
K Y U	사전	61	58	60	81	112	99	141	90	80	85		79.50
	고지	52	75	94	113	145	156	176	190	183			131.50
	사후	85	105	118	105	153	175	183	196	181	186		148.70
K C H	사전	78	74	79	104	110	123	106					96.20
	고지	52	75	94	113	145	156	176	190	183			131.50
	사후	77	96	119	123	91	116	175	185	191			130.30
K M K	사전		89	116	78	102	107	122	119				104.70
	고지	97	103	117	144	121	162	139	121				125.50
	사후	96	107	118	143	105	78	97	142	96			109.10
Y S I	사전		63	57	83	111	128	141	122	155			107.50
	고지	82	81	96	143	164	148	126	181	189			134.40
	사후	50	110	100	100	104	103	178	177	166	153	171	119.20
L H S	사전		79	80	47	71	106	116	143	168	172		101.10
	고지	75	90	103	106	143	149	153	135	161	158		127.30
	사후	97	93	104	121	142	115	159	156	177	173		148.50
K H S	사전		88	100	116	143	153	158	143				128.70
	고지	73	81	108	137	164	166	167	192				136.00
	사후	133	120	110	126	166	152	160	170				142.10
K K E	사전												
	고지	118	104	115	128	150	168	160	150	148	127	142	128.80
	사후	114	120	114	96	141	105	155	150	151	170		131.60
전 체 평 균	사전	65.75	79.62	81.75	84.00	105.75	121.25	124.37	101.42	111.33	116.75		100.81
	고지	74.88	87.11	99.66	120.50	134.66	150.88	141.00	146.44	161.42	93.20	171	121.88
	사후	91.33	102.66	110.33	113.88	125.00	122.22	151.11	166.22	145.87	149.66	142	119.20

사전, 고지, 사후의 시행 회수 및 개인별 평균은 사전 100.81beat/min, 고지 121.88 beat/min, 사후 119.20beat/min 으로 각각 나타났고, 가장 높게 나타난 것은 고지, 사후, 사전의 순으로 나타났다.

이 각각의 훈련 결과에 대한 분산분석한 결과는 $F(2,255)=8.72$ 로 $P<0.01$ 수준에서 유의한 차이를 나타내 이러한 결과로 볼 때 고지훈련을 하였을 경우가 가장 높은 심박수를, 다시 평지에 적응하는 동안 동일한 훈련 강도를 가하였을 경우가 사전의 경우에 비해 고지훈련의 효과가 통계적으로 크게 나타났음을 알 수 있다.

점증적 부하 동안 시행 회수에 따른 심박수 증가는 <그림-5>과 같이 고지의 경우 $y = 6.8042x + 84.698$, 사후의 경우 $y = 6.1705x + 92.093$ 에서 증가 경향이 높은 것으로 나타났고, 사전의 증가 회귀식은 $y = 5.511x + 68.668$ 로 가장 낮은 것으로 나타났다.



<그림-5> 점증적 부하에 따른 사전, 고지, 사후의 심박수 변화에 대한 회귀식

<표-10> 부하의 증가에 따른 심박수의 사전, 고지, 사후 훈련의 분산분석

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 사전, 고지, 사후의 심박수 변화를 종합하여 보면 고지훈련을 하였을 경우가 하지 않은 경우보다 훨씬 더 유의한 차이를 나타내었고, 다시 평지에 적응하는 동안 동일한 강도로 훈련을 하였을 경우가 사전의 경우보다 더 큰 차이를 나타낸 결과로 볼 때 고지훈련의 결과가 통계적으로 크게 나타남을 알 수 있다.

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상용·강인태)

심박수의 증가과정 역시 사전보다 고지, 사후의 경우가 증가하는 기울기가 더 높은 결과로 미루어 고지훈련 과정에서 신체 내의 혈관 및 심장에 높은 압력으로 인하여 영향을 미친 것으로 사료된다.

4) 사전, 고지, 사후 최대 산소 섭취량의 변화, 최대하 부하수준 및 최대하 부하수준 도달 시간

〈표-11〉 사전, 고지, 사후의 최대 산소 섭취량, 최대하 부하수준, 및 최대하 부하수준 도달 시간

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

사전, 고지, 사후 동안의 최대하 부하수준에서 최대 산소 섭취량을 추정한(Astrand, P.O)결

과(김진원, 1982) 최대하 부하수준, 최대하 부하수준 도달 시간의 결과는 <표-11>과 같으며, 이의 분산분석한 결과는 <표-12>과 같다.

<표-12> 사전, 고지, 사후 훈련 간의 최대 산소 섭취량의 분산분석

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			

<표-11>에서 사전, 고지, 사후의 최대 산소 섭취량은 사전 2.29 l/min, 고지 1.28 l/min, 사후 1.51 l/min으로 고지의 경우가 가장 적은 최대 산소 섭취량을 나타내었다. 사전의 경우 $F(2,24)=4.68$ 로 $P<0.019$ 수준에서 각 훈련 결과 유의한 차이를 나타내었고, 고지 경우가 가장 적은 결과로 볼 때 사전의 최대 산소 섭취량을 고지훈련 과정에서 충분히 적응하지 못하였음을 알 수 있다. 또, 사후의 결과로 미루어 볼 때 고지훈련의 기간은 15일 정도로는 충분하지 못하며 훈련강도를 더 강하게 시켜야 할 것으로 사료된다.

최대하 부하수준의 경우 사전, 고지, 사후의 각 평균은 사전의 경우가 최대 능력의 94%수준, 고지의 경우 최대 능력의 88%수준, 사후의 경우 최대 능력의 85%수준인 것으로 각각 나타났고, 이의 분산분석한 결과는 $F(2,24)=0.09$ 로 $P>0.910$ 수준에서 사전, 고지, 사후 간에 훈련 효과에는 차이가 없음을 알 수 있다.

최대하 부하수준 도달 시간에서 사전, 고지, 사후의 결과는 사전의 경우 총 소요시간의 93.6%수준, 고지의 경우 총 소요시간의 88.7% 수준, 사후의 경우 총 소요시간의 86.22% 수준으로 각각 나타났다.

이의 분산분석한 결과는 $F(2,24)=0.74$ 로 $P>0.492$ 수준에서 각 사전, 고지, 사후 간에 유의한 차이가 나타나지 않았지만 사전의 경우보다 고지, 사후의 경우가 총 소요시간에 대해 더

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상용·강인태)

임박해서 나타난 결과(타이밍을 효율적으로 조정)로 볼 때 이는 오랫동안 평지에서 적응된 경우와 짧은 시간 동안 다른 환경에 적응하는 시간의 결과로 사료되며, 고지훈련 기간을 더 오래 하였을 경우 통계적으로 최대하 부하 도달시간에서 타이밍이 조절되어 더 나은 훈련 효과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다.

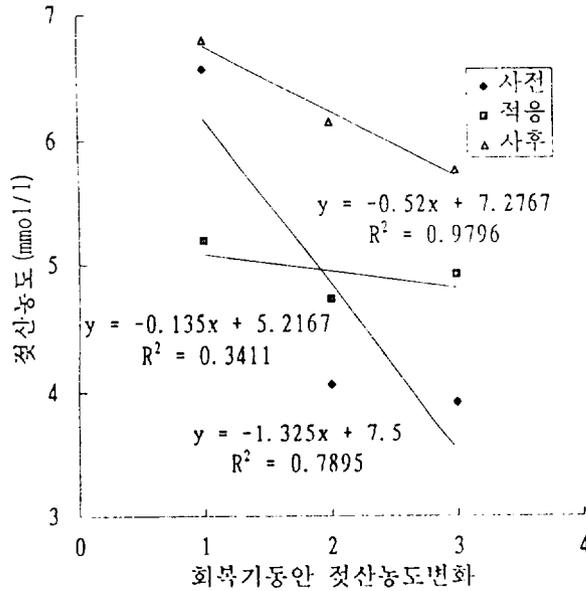
2. 회복기 동안 사전, 고지, 사후 실험 결과

1). 사전, 고지, 사후 훈련 후 혈중 젖산 농도 회복율

사전, 고지, 사후 3회의 실험 시행동안 젖산 농도의 회복을 나타낸 결과는 <표-13>와 같고, 이의 분산분석한 결과는 <표-14>, 회복 경향을 나타낸 회귀 경향선은 <그림-6>와 같다.

<표-13> 사전, 고지, 사후 훈련 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	-35.54	-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		



〈그림-6〉 회복기 동안 혈중 젓산 농도의 실험 시행 동안 회복 경향

〈표-14〉 사전, 고지, 사후 훈련 후 혈중 젓산 농도의 회복율에 대한 분산분석

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			

〈표-13〉에서 전체 피검자의 3회에 걸친 개인 전체 평균은 사전의 경우 1차에서 6.26mmol/l, 2차에서 4.94mmol/l, 3차에서 4.47mmol/l로 변화였고, 이에 대한 분산분석한 결과는 $F(2,78)=6.39$ 로 $P<0.002$ 수준에서 유의한 차이를 나타내었으며, 부하 시 각 2분 간격으로 혈중 젓산의 농도는 사전, 고지, 사후 간에 큰 차이를 나타내었음을 알 수 있다. 즉 사전에서 고지훈련 간에 26.72%, 사전에서 사후 간에 40.04%의 젓산 농도의 축적율이 감소하였음을 알 수 있고, 이는 고지훈련 결과 회복율에 큰 영향을 준 것으로 사료된다. 또한 1차 회복기에서 2차 회복 기간에 혈중 젓산 농도의 감소율은 16.84%, 1차에서 3차까지 회복율은 20.64%로서 회복기 동안 각 실험 시행 동안의 회복율은 서서히 이루어지고 있는 것으로 사료된다.

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

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상용·강인태)

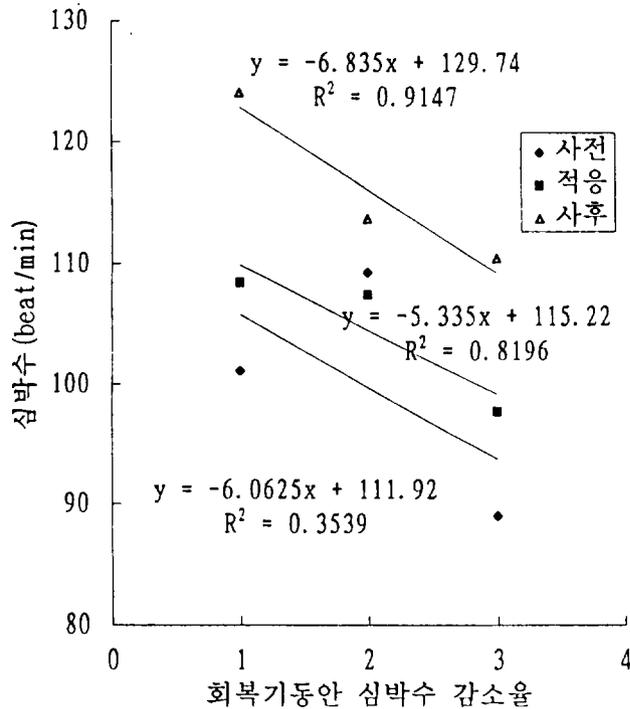
회복기 동안 혈중 젖산 농도의 회복 과정을 종합하여 보면 고지훈련의 경우가 사전보다 뚜렷한 회복율을 나타내었고, 사후 역시 고지훈련의 결과로 회복율에서 사전과 큰 차이를 나타내어, 고지훈련의 효과가 통계적으로 큰 것으로 사료된다.

2) 회복기 동안 사전, 고지, 사후 심박수 변화

회복기 동안 사전, 고지, 사후간 심박수 변화를 분석한 결과는 <표-15>, 이의 분산분석 결과는 <표-16>, 회복기 동안 심박수 감소 경향을 나타낸 결과는 <그림-7>와 같다.

<표-15> 회복기 동안 사전, 고지, 사후의 심박수 변화

피검자	시행	1차(2분후)	2차(4분후)	3차(6분후)	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-7〉 회복기시 심박수 변화

〈표-15〉에서 개인별 사전의 평균은 94.99beat/min, 고지의 경우 평균 104.55beat/min, 사 후의 경우 116.20beat/min 으로 각각 나타났고, 사전과 고지 간의 평균 변화율은 9.15% 증가, 사전에서 사후 간에 변화는 18% 증가한 것으로 나타났다. 회복율에서는 1차에서 2차간에 평균 10.19% 감소(회복), 1차에서 3차간 평균 14.28% 감소(회복)를 나타낸 바, 회복이 서서히 되고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과를 분산분석한 결과는 $F(2,78)=11.34$ 로 $P<0.001$ 수준에서 유의한 차를 나타내었고, 〈그림-7〉에서 회복기 동안 감소율의 회귀선은 사전의 경우 $y=-6.0625 + 111.92$, 고지의 경우 $y=-5.335x + 115.22$, 사후의 경우 $y=-6.835 + 129.74$ 의 회귀 방정식으로 각각 나타났고, 이 중 고지의 경우가 가장 빠른 경향으로 회복되고 있음을 알 수 있다.

〈표-16〉 사전, 고지, 사후 훈련 후 심박수 변화에 대한 분산분석

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			

고지훈련을 통한 중학교 중·장거리 선수의 생리적 변화(임상용·강인태)

회복기 동안 심박수 회복율을 종합하여 보면 고지훈련의 결과로 사전의 경우보다 훨씬 빠르게 회복되고 있음을 통계적으로 알 수 있고, 1차, 2차, 3차 회복기간의 회복율은 서서히 이루어지고 있음을 알 수 있다.

3. 고지훈련을 통한 중학교 중장거리 선수의 생리적 변화가 경기력에 미치는 영향

고지훈련이 평지에서 경기 기록에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분석한 기록표 및 이를 분산분석한 결과는 <표-17, 18>과 같다.

<표-17> 에서 각 피검자마다 최고 기록에 대한 사전의 기록은 평균 12분08초, 고지훈련의 경우 평균 11분 06초, 사후의 경우 평균 11분 46초로 각각 나타났으며, 고지훈련의 경우가 가장 좋은 기록을 보였고, 그 다음이 사후, 사전의 순서로 각각 나타났다.

<표-17> 피검자의 사전, 고지, 사후 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-18> 고지훈련 결과 생리적 변화가 경기력에 미치는 영향에 대한 분산분석

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 사전, 고지, 사후의 평균 차이를 분산분석한 결과는 $F(2, 21) = 1.24$ 로 $P > 0.309$ 수준에서 사전, 고지, 사후의 기록간에는 유의한 차가 없는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 시합을 앞두고 있는 제주서중학교 중장거리 선수 9명을 대상으로 평지와 산소 분압이 다른 환경인 해발 1300m 영실 등반로 주변에서 훈련 프로그램을 작성하여 15일간 고지 훈련과 병행하여 실시하였다.

평지 수준에서 실험 변인과 고지훈련 후 실험 변인, 다시 평지 수준에 적응한 후 실험 변인을 가지고 중학교 중장거리 선수의 생리적 변화를 알아보기 위하여 본 연구에 착수하였다. 그 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 점증적 부하기 동안 사전, 고지, 사후 실험 결과

1) 혈중 젖산 농도

점증적 부하기 동안 혈중 젖산 농도는 고지훈련을 하였을 경우가 하지 않은 경우보다 혈중 젖산 농도의 축적량은 더 감소하였고, 고지훈련 후 다시 평지에서 훈련을 하였을 경우 점차적으로 사전의 조건으로 적응해 가고 있음을 알 수 있었으며, 이는 $F(2, 258)=3.22$ 로 $P<0.041$ 수준에서 통계적으로 유의하였다.

지구성 능력은 사전의 경우보다 고지훈련을 하였을 경우가 평균 9.50%, 사전보다 사후의 경우가 12.88%의 증가를 나타내었다.

2) 혈압 변화

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.

3) 심박수

사전의 경우보다 고지훈련을 하였을 경우와 다시 평지에서 적응하는 동안 동일한 훈련 강도를 가하였을 경우 고지훈련의 효과가 $F(2,255)=8.72$ 로 $P<.001$ 수준에서 통계적으로 유의하였다.

4) 최대 산소 섭취량, 최대하 부하수준 및 최대하부하수준 도달 시간

최대 산소 섭취량의 경우는 고지훈련의 경우 사전의 최대 산소 섭취량을 고지 및 사후 적응 과정에서 충분히 적응하지 못한 결과가 $F(2,24)=4.68$ 로 $P<0.015$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타난 바, 고지훈련의 기간은 최소한 4-6주가 바람직할 것으로 사료된다.

최대하 부하수준의 경우 사전이 최대 능력의 94%수준, 고지훈련의 88%수준, 사후의 85%수준으로 나타났으나, 통계적으로는 유의하지 못한 것으로 나타났다.

최대하 부하수준의 총 소요시간에 대한 도달 시간이 사전의 경우 93.6%, 고지훈련의 경우 88.7%, 사후의 경우 86.22% 수준인 것으로 나타난 바, 통계적으로는 유의한 차는 없지만 사전이 고지훈련과 사후보다 더 근접해 출현하여 사전의 경우가 타이밍을 효율적으로 조정했다고 보며, 고지훈련 기간이 충분하지 못하였음을 알 수 있다.

2. 회복기 동안 사전, 고지, 사후 실험 결과

1) 혈중 젖산 농도

혈중 젖산 농도가 고지훈련의 경우에 사전보다 뚜렷한 회복을 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 나타났다.

2) 심박수 변화

심박수의 회복은 고지훈련의 결과로 사전의 경우보다 훨씬 빠르게 회복 경향을 나타내었음이 $F(2,78) = 11.34$ 로 $P<0.001$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났고, 1차, 2차, 3차 회복 기간의 회복율은 서서히 이루어졌다.

3. 고지훈련을 통한 중학교 중장거리 선수의 생리적 변화가 경기력에 미치는 영향

고지훈련의 결과 사전, 고지, 사후 간에 경기 기록면에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이상 결론을 종합 정리하면 중학교 중장거리 선수의 경우 시합기에 임박하여 고지훈련 기간을 2주보다 많은 4-6주 동안 실시 할 경우 통계적으로 유의한 차이를 나타낼 변인은 점중적 운동 부하기 동안 혈중 젖산 농도, 심박수, 최대 산소 섭취량, 최대심박수, 최대하 부하수준의 증가 및 최대하 부하수준 도달 시간에서 타이밍을 조정할 수 있을 것으로 나타났다.

또한 고지훈련으로 인하여 회복기 동안 혈중 젖산 농도 및 심박수의 회복율에 통계적으로 유의한 차이를 나타낼 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 권태동의 3인(1984). "장거리 선수의 식사요법 훈련이 운동시 혈중 Glucose 농도와 기록에 미치는 영향". 한국체육학회지, 32-2, 83-93.
- 김중훈(1976). "체육 생리학". 형설출판사, 105-124.
- 김진원(1982). "운동 생리학". 학문사.
- 김진원(1980). "운동생리학 실험 매뉴얼". 건양사, 56.
- 김창규, 이강평, 정성태, 홍양자(1983). "체육과 운동경기의 생리학적 기초". 372-375
- 박근홍(1988). "여자중학생의 최대작업시 유산소능력 및 혈액성분 변화에 관한 측정 연구". 석사학위논문, 이화여자대학교.
- 박철무(1979). "체육해부 생리". 형설출판사, 171.
- 성동진(1986). "운동처방과 생리학". 금광.
- 성동진(1989). "운동처방과 생리학". 형설출판사.
- 오형석(1964). "운동선수의 생리적 변화에 관한 연구". 스포츠과학연구보고서, 19-31.
- 이경재, 허남희(1983). "고도에 따른 체력요인 변화에 관한 연구". 한국체육학회지, 22-2.

- 이상호(1969). "고지환경에서의 최대운동능력에 관한 연구". 박사학위논문, 연세대학교.
- 정성태(1992). "운동생리학". 태근문화사. 32-33, 36-38.
- 정성태(1976). "체육의 생리학적 기초". 동화문화사. 138-144
- 조성규(1982). "Aerobic Damcing후 심박수의 변화". 한국체육학회지, 21-1. 120-126.
- 최 현(1988). "인체생리학". 수문사. 153.
- 북영철부(1977) "여러가지 스포츠 활동의 심박수". 체육과학, 31-7. 506-507.
- 산지계사(1982) "심장과 스포츠". 공립출판. 47-48.
- 중야소일, 소림강효(1979). "운동과 간 기능- 혈중 제물질의 변동, 특히 혈당, 지질, 일탈 산소의 면에서, 체육과학, 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 atheltics,4th ed.Dubuque Iowa,Wm.C.Brown publishers.
- Fraser, R.S and Chapman, C.B: Studies on effed of exercise on cardiovascular function
- Frick.M., Elovainio, R., and Somer, T.(1967). The mechanism of bread-cardia evoked by physical training. Cardiologia. 51: 46-54.
- Goddard, R.F.(ed.): "The Indernational 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 abd utiitiation of oxygen. pt. I-III. proe. Roy. soc. B. 96: 438. 1924.
- Ishiko, T.(1967). Aerobic capacity and external ceiteria of perfomance.Can.Med. Assoc. J. 96: 697-702. 1967.
- Jokl, A. and P.(eds.): "The International Symposium on the Effects of Aitude 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. MacMillian 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 Hø he, "Knoll AG, Ludwigshafen am Rhein, 1968
- Weihe, W. H. (ed.) : "The Physiological Effects of high Altitude," The Macmillan company, NewYork, 1964