



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

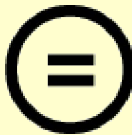
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2009학년 2월  
박사학위논문

최대운동시 농구선수의 무산소성 역치,  
혈액성분 및 적혈구의 조직학적 변화에  
미치는 영향

조선대학교 대학원

체 육 학 과

임 달 식

최대운동시 농구선수의 무산소성 역치,  
혈액성분 및 적혈구의 조직학적 변화에  
미치는 영향

Effects of Maximal Exercise on Anaerobic Thresold, Blood  
Components and Hematological Change of RBC in Basketball Player

2009년 2월 일

조선대학교 대학원

체 육 학 과

임 달 식

최대운동시 농구선수의 무산소성 역치,  
혈액성분 및 적혈구의 조직학적 변화에  
미치는 영향

지도교수 위 승 두

이 논문을 이학박사학위신청 논문으로 제출함

2009년 10월

조선대학교 대학원

체 육 학 과

임 달 식

# 임달식의 박사학위논문을 인준함

위원장 00대학교 교수 (인)

위 원 00대학교 교수 (인)

위 원 00대학교 교수 (인)

위 원 00대학교 교수 (인)

위 원 00대학교 교수 (인)

2009년 12월

조선대학교 대학원



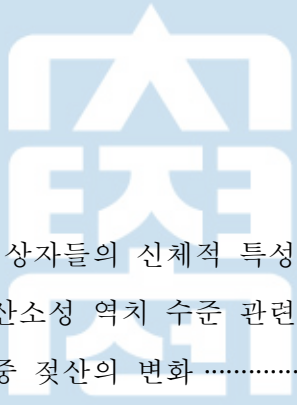
<목 차>

영문초록

I. 서론	1
1. 연구의 목적 및 필요성	1
2. 연구의 가설	5
3. 연구의 제한점	6
4. 용어의 정의	6
II. 이론적 배경	9
1. 운동과 무산소성 역치	9
2. 운동과 혈액	12
3. 운동이 혈액학적 빈혈지표에 미치는 영향	14
III. 연구 방법	18
1. 연구 대상	18
2. 실험 설계	18
3. 운동부하 방법 및 무산소성 역치 측정	19
4. 채혈 및 혈액 검사방법	21
1) 젓산 농도	21
2) 적혈구 수와 Hemoglobin 측정	21
3) 적혈구 침강속도(ESR) 측정	21
5. 적혈구의 조직형태학적 분석	22
1) 광학현미경적 관찰	22

2) 주사현미경적 관찰 .....	24
6. 자료 처리 .....	24
<b>IV. 연구결과 .....</b>	<b>25</b>
1.무산소성 역치수준 관련변인의 변화 .....	25
2.혈중 젖산의 변화 .....	26
3.혈중 적혈구수의 변화 .....	28
4.혈중 헤모글로빈의 변화 .....	29
5.적혈구 침강속도의 변화 .....	30
6.이상 적혈구 수의 변화 .....	32
<b>V. 논의 .....</b>	<b>35</b>
<b>VI. 결론 .....</b>	<b>43</b>

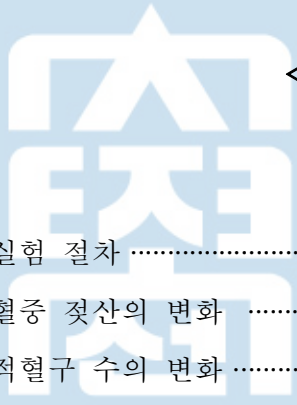
참고문헌



<표 목 차>

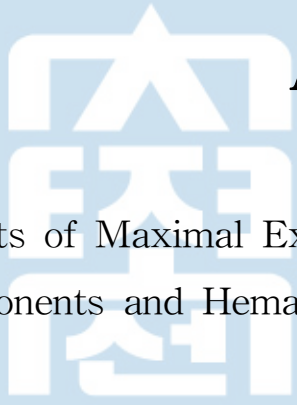
표 1. 대상자들의 신체적 특성 .....	18
표 2. 무산소성 역치 수준 관련변인의 변화 .....	26
표 3. 혈중 젖산의 변화 .....	26
표 4. 젖산변화에 대한 반복측정 결과 .....	27
표 5. 혈중 적혈구 수의 변화 .....	28
표 6. 적혈구 수 변화에 대한 반복측정 결과 .....	29
표 7. 혈중 헤모글로빈의 변화 .....	29
표 8. 헤모글로빈의 변화에 대한 반복측정 결과 .....	30
표 9. 적혈구 침강속도의 변화 .....	30
표 10. 적혈구 침강속도 변화에 대한 반복측정 결과 .....	31
표 11. 적혈구 형태의 변화 .....	32
표 12. 적혈구 형태 변화에 대한 반복측정 결과 .....	34





<그림 목 차>

그림 1. 실험 절차 .....	19
그림 2. 혈중 젖산의 변화 .....	27
그림 3. 적혈구 수의 변화 .....	28
그림 4. 헤모글로빈의 변화 .....	29
그림 5. 적혈구 침강속도의 변화 .....	31
그림 6. 이상 적혈구 수의 변화 .....	32
그림 7. 적혈구의 광학현미경적 관찰 .....	33
그림 8. 적혈구의 주사전자현미경적 관찰 .....	33



## ABSTRACTS

### Effects of Maximal Exercise on Anaerobic Threshold, Blood Components and Hematological Change of RBC in Basketball Players

Lim, Dal-Sik

Advisor : Prof. Wee Seung Doo, Ph.D  
Department of Physical Education,  
Graduate School of Chosun University

*(Supervised by )*

This study was to investigate the effects of maximal exercise on anaerobic threshold, blood components and hematological change of RBC (red blood cell) at pre, post-exercise and recovery stage between basketball players and non-athletics players. Fifteen university basketball players and fifteen collegians were completed 3-min stage graded maximal treadmill exercise with bruce protocol. Bruce protocol was applied to collect the data for the anaerobic threshold. The measurement in this study was pre-exercise, post-exercise and recovery stage. Blood samples were collected at prior, immediately after exercise and recovery 30 min stage. Red blood cell count and hemoglobin were measured by an automatic blood cell counter(Abx Micros 60). Also, Blood cell

morphological erythrocyte were evaluated in Wright's stained blood films and SEM. The numbers of total abnormal erythrocyte in the blood were measured by the direct smear made from light microscope with wright's staining and screen electron microscope (SEM) and analyzed with image analysis system to make a morphological analysis of the effect of maximal exercise. Statistical analysis was performed with SPSS ver 12.0. All data were presented as means  $\pm$  standard deviation. There was significant differences in anaerobic thresholds measured by AT/time, AT/VO<sub>2</sub>max, AT/VO<sub>2</sub>ml/kg · min. Based on the finding of the study, the following conclusion has been obtained. First, the change of blood lactate showed significantly difference between times and groups. Second, the change of RBC and hemoglobin non significantly difference between times and groups. Three, the change of ESR and abnormal erythrocyte showed significantly difference between times and groups. There was significant increase ESR and abnormal erythrocyte at post exercise compared to pre-exercise. Also, there was significant decrease ESR and abnormal erythrocyte at recovery stage compared to post-exercise. Specially, ESR and abnormal erythrocyte value at post-exercise were significantly higher non-basketball players compared to basketball players. In the present results, It can be suggested that acute maximal exercise can influence hematological variables and induce oxidative damage to erythrocyte at non-basketball players compared to basketball players. From the results of the study, maximal exercise influenced individual working ability and efficiency of exercise.

## 1. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

운동경기 중에 발생하는 운동피로는 반복적인 근 수축으로 인하여 힘 또는 파워 발휘를 유지할 수 없는 능력의 상태로써, 생체의 흥분전달과 기능을 저하시키는 현상이 나타난다(Gibson & Edwards, 1985). 농구경기에서 이용되는 에너지체계는 폭발적인 힘을 내는데 필요로 하는 무산소성 에너지 시스템과 장시간 운동을 가능하게 하는 유산소성 에너지시스템을 필요로 한다(Fox & Mathews, 1981). 이러한 에너지 시스템을 동시에 동원해야하는 어려움으로 선수들은 시합 중에 극심한 피로를 느끼게 되어 결국은 집중력 감소, 팀웍 감퇴 등 경기수행력을 급격하게 감소시키게 된다. 장시간 격렬한 운동으로 발생하는 피로요인은 과도한 운동수행에 따른 에너지공급 부족, 혈중 젖산, 암모니아, 젖산탈수소효소 등의 혈중 대사산물의 축적에 의하여 주로 발생되며, 발한량의 증가에 의한 산-염기의 불균형, 전해질의 불균형 및 체액의 불균형과 훈련이나 시합 시 동기유발 저하나 의욕상실 등의 복합적인 생리·심리적 기전에 의해 운동수행능력의 저하 현상을 가져온다(한중우와 정동식, 1997; 김병로, 조병훈, 강현식, 2001; 김상수, 이원재, 주성범, 2007). 농구시합 중에 선수들의 심박수 변화는 여자대학 선수들이 169회/분, 172회/분(McArdle, Magel, & Kyvalls, 1971), 183회/분(Beam & Merrill, 1994)로 나타났고, Ramsey, Ayoub, Dud, & Edgar(1970)은 남자대학선수들을 대상으로 경기 중 심박수 반응이 평균 170 회/분이라고 보고하였다. 농구는 일정한 속도가 유지되는 스포츠 종목과 달리 심박수 변화가 매우 큰 폭으로 이루어지므로 근육, 관절에서 필요로 하는 잦은 혈액공급 부담을 줄여 심장근의 수축운동을 감소시켜야 하는 부담을 안게 된다(Wilmore, & Costill, 2004). 그러므로 강도변화에 따른 트레이닝 방향 설정은 경기력 결정에 중요한 기초가 될 것이다.

적절한 운동 강도의 설정은 운동처방의 핵심적인 요인으로, ACSM(2006)은 최대 심박수를 기준으로 60-90%, 최대 산소섭취량을 기준으로 50-85% 범위가 가장 적절하지만, 체력이 극히 낮은 초보자의 경우, 최대섭취량을 기준으로 40-50%의 범위로 조정되는 것이 적절하다고 주장하였다. 최근 유산소성 운동의 문제점으로 활성산소의 생성과 관련하여 운동 강도의 부적절성을 포함한 과도한 운동수행에 대한 주의가 요구되고 있으며, 피검자의 특성을 고려한 적절한 운동프로그램의 필요성이 요구되고 있는 실정이다.

농구경기에서 근육의 에너지원이나 피로의 정도를 파악하는 지표로 혈중 젖산농도가 널리 이용되고 있다. 젖산은 근육에서의 ATP 요구량이 미토콘드리아에서 생성되는 양을 초월할 때 급격한 증가를 보이고, 증가된 젖산은 혈액을 통해 골격근, 심장, 간 등에서 제거되는데 운동 강도와 밀접한 관련이 있어 보통 60-70%  $VO_2max$  수준에서 최대 제거율을 보이는데(Albert, 1965), 젖산 생성은 격렬한 운동시 산소가 충분히 공급되지 않는 무산소성 상태에서 생성되는 것으로 pH 수준을 정상 수준 이하로 낮추므로 이는 지속적으로 근 수축을 요하는 근 활동 시에 근 피로를 유발시킬 수 있다(Sahlin, 1978; Sahlin, 1986). 운동 중 혈액 내 젖산의 축적은 운동부하의 강도와 밀접한 관련을 가지고 있으며, 근피로 현상에도 크게 영향을 미치는 것으로 알려져, 젖산의 생성과 제거에 대한 활발한 연구가 이루어져 왔으며 각종 스포츠 현장에서도 많은 연구자들이 젖산농도의 축적을 운동부하 강도의 지표로서 사용하고 있는 실정이다(위승두, 1995).

단시간에 걸쳐 최대를 초과하는 운동의 경우 젖산의 축적은 휴식기 4분에 최고치에 도달하고, 트레드밀 운동시 단시간의 최대운동은 휴식기 7-8분에 가장 높은 젖산 축적량을 보이는 반면, 일반적으로 반복적인 최대운동 후 휴식기 3-5분에 최고 수준에 달한다고 보고하고 있다(Fujitsuka, Yamamoto, Ohkuwa, Saito, & Miyamura, 1982). 이와 같이 젖산 농도는 에너지원의 동원능력에 따른 경기력 평가에 중요한 역할에도 불구하고 농구경기의 무산소성 역치 등의 대사기능을 파악

하는 에너지 시스템의 상호작용이나 중요성을 밝히는 연구보고는 많지 않은 실정이다.

운동처방을 위한 지표 중 대표적인 것으로는 최대 산소섭취량( $V_{O_2max}$ )과 무산소성역치(Anaerobic Threshold)가 있는데, 최대산소섭취량은 근래까지 측정의 용이성 때문에 운동능력이나 트레이닝 효과를 평가하는데 널리 사용되어 왔고 지금도 사용되고 있으나 유·무산소적 운동시간을 계획하거나(Mickelson & Hegarman, 1982) 최대하 운동 능력을 평가 하는 데는 적절치 못하다(Skinner & Mcllellan, 1980)는 약점 때문에 지금은 대부분 운동처방을 위한 지표로서는 무산소성 역치를 사용하고 있다.

인간의 항상성 체계는 여러 가지 외적 자극에 의해서 변하는 것으로 알려져 있으며, 운동은 이러한 외적자극 중의 하나로서 자극의 변화 정도는 운동의 형태, 운동 강도 및 운동 기간에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다.

빈혈은 영양결핍증의 하나로 경증의 빈혈도 면역기전에 영향을 미쳐 감염에 대한 면역력을 낮추고 작업능력을 떨어뜨린다고 알려져 있다(정해량, 문현경, 송범호, 김미경, 1991). 특히 빈혈 판정지표인 헤모글로빈은 적혈구에 함유되어있는 혈색소로 온몸에 산소를 운반하는 중요한 역할을 담당하며, 산소를 운반하는 혈중 헤모글로빈의 수치가 낮을 경우 피로감, 흉통, 현기증 같은 증상들이 유도될 수 있으며, 이로 인해 운동장애가 발생할 위험이 높다(김미숙과 양점홍, 2006). 또한 헤모글로빈 농도의 증가는 산소 운반능력을 증가시키며, 어떤 운동의 산소 섭취량을 결정하는데 중요한 자료가 되고, 운동이 격심할수록 증가한다(Guyton, 1981). 정상 헤모글로빈의 수치는 남자 14-18 ml/dl, 여자는 12-16 ml/dl로 정해져 있으며, 운동의 유형, 운동 강도, 트레이닝 기간, 연구 대상자에 따라 상이한 결과를 얻을 수 있다.

또한 적혈구의 산화적 손상은 인체 내 산소운반능력을 감소시킨다(Jaime & Paula, 2002). 레슬링 선수를 대상으로 3주간의 운동을 포함한 칼로리 제한 및 발

한 등에 의한 체중감량은 체내 iron 저장량의 감소를 유발하여 운동능력과 관련된 혈액성분들 및 유산소성 운동능력에 부정적 영향을 미치며, 인체의 생리적 조절 능력의 장애를 야기하고 일부 면역세포들의 정상적인 변화에 부정적으로 작용할 수 있다고 보고하고 있다(홍룡, 2001). 한편, 적혈구의 life cycle은 100-120일 정도이고, 새롭게 생성된 적혈구와 파괴되기 직전의 적혈구 사이에는 여러 생화학적인 성질 등에 의해 적혈구가 손상되는 과정이 일어난다. 그러한 손상과 관련하여 적혈구 침강속도(erythrocyte sedimentation rate, ESR)는 비특이적이기는 하지만 염증성 반응을 나타내는 좋은 지표이다. 그것은 비교적 간단한 방법으로 적혈구 손상을 나타낼 수 있다. 운동과 관계되는 적혈구의 형태 손상에 관한 연구는 상대적으로 적은 편이다(김종오, 김영표, 윤진환, 정일규, 정경훈, 김창주, 2003; 정일규, 윤진환, 김영표, 정경훈, 김종오, 변재종, 2004). Heinz body는 적혈구안의 헤모글로빈 산화로 나타나는 현상이다(Jaime & Paula, 2002). 적혈구의 형태를 광학현미경 수준에서 관찰할 수 있는 것으로 주로 임상에서 glucose-6-phosphate 결핍유무를 판정하는 지표에 이용하기도 한다. 지금까지 운동에 의한 혈액 내 운반체의 변화와 관련된 많은 연구가 많은 운동선수들을 이루어져 왔지만 기존의 연구는 혈액 수준의 산소운반의 적혈구계의 수적인 증감여부에 관한 연구가 대부분이었을 뿐 적혈구의 산화적 손상 여부에 대한 형태학적 변화를 알아보는 연구는 극히 드문 실정이다.

본 연구는 농구 선수들을 대상으로 무산소성 역치와 임상학적 방법인 혈액성분 측정법과 현미경을 통한 조직화학측정법을 이용하여 일회적 최대 운동 후 혈액성분 변화와 적혈구의 조직학적 변화에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보고자 하였다.

## 2. 연구의 가설

본 연구의 문제를 규명하기위하여 다음과 같은 가설을 설정하였다.

- 1) 최대운동이 대학농구선수와 일반대학생들 간의 무산소성 역치에 차이를 나타낼 것이다.
- 2) 최대운동이 대학농구선수와 일반대학생들 간의 혈액성분(젓산, 적혈구, 헤모글로빈) 변화에 영향을 미칠 것이다.
- 3) 최대운동이 대학농구선수와 일반대학생들 간의 적혈구 침강속도에 차이를 나타낼 것이다.
- 4) 최대 운동이 대학농구선수와 일반대학생들 간의 적혈구 조직학적 변화에 영향을 미칠 것이다.

## 3. 연구의 제한점

본 연구는 연구 대상, 실험 방법 등에 나타나는 문제에 있어서 다음과 같은 제한점을 가지고 있다.

- 1) 피검자들의 일상 활동, 식습관을 교육 이외에 통제하지 못 하였다.
- 2) 최대운동부하 검사는 선행연구인 Bruce protocol을 이용하였다.

## 4. 용어 정리

### 1) 무산소성 역치

: 무산소성 역치(AT)란 에너지 생성의 관점에서 무기적 에너지 생성이 보충되기



시작하는 운동 강도로 정의할 수 있는 것으로, 본 연구에서의 무산소성 역치는 점진적 부하의 운동 시 환기량은 산소섭취량과 어느 시점까지 병행하여 직선적인 증가양상을 보이다가 환기량이 산소섭취량에 비해서 급격하게 증가하는 양상을 보이는 시점인 환기역치(ventilation threshold)를 의미한다.

## 2) 헤모글로빈 농도

: 본 연구에서 헤모글로빈은 빈혈의 지표로 이용되는 것으로 대상자들의 주정중 피정맥에서 채혈된 전혈을 Automatic Blood Cell Counter MICROS 60-OT(ABX Diagnostics, France)로 측정된 값을 g/dl 로 나타낸 것을 의미한다.

## 3) 적혈구 침강속도

: 적혈구 침강속도 (erythrocyte sedimentation rate, ESR)는 질병의 유무, 이미 발생한 질병의 악화나 개선정도, 치료반응정도 등에 대한과 같은 손상과 관련하여 비특이적이기는 하나 염증성 반응을 나타내는 좋은 지표이다. 적혈구 침강속도는 sickle cell disease와 같은 비정상적인 적혈구모양(poikilocytosis), 적혈구 수의 증가(polycythemia), 혈장단백질의 이상, 담즙산의 과다, 백혈구의 과다한 증가(leucocytosis)trichinosis 등의 경우에 감소할 수 있고 여성이 남성보다 빠르고, 연령의 증가, 종양, 감염, collagen vascular disease, 심장의 경색, 맥관성 혈전, 임신, 갑상선 질병, 빈혈 등의 경우에 증가되는 것으로 질병의 비특이적인 지표로 유용하게 쓰이고 있다. 본 연구에서는 채혈된 전혈을 즉시 EDTA가 들어있는 적혈구 침강속도 측정 전용 tube에 넣어 자동 적혈구 침강속도측정기(Microsed-system series I, Italy)로 측정 원리 sodium citrate와 1:4로 희석하여 측정하는 Westergren 법으로 측정된 적혈구의 생화학적 성질의 지표로 이용된 것을 의미한다.

#### 4) Heinz body(하인쯔 소체)

: 적혈구 내에서 형성되는 변성된 이상헤모글로빈의 불용성응집물로 뉴메틸렌블루, 메틸바이올렛 등의 색소로 초생체 염색이 되는 과립. 니트로벤젠, 아닐린, 페닐히드라틴 등의 혈액 독에 의해서 일어나는 중독성 빈혈 외에, 탈라세미아(지중해빈혈), 불안정헤모글로빈증 등의 유전성빈혈증에서 볼 수 있는 헤모글로빈의 형태적 변성의 지표이다. 유전성인 경우, 헤모글로빈 β사슬의 아미노산 치환에 의한 경우가 많다. 혈구 내에서 약제 등으로 인해 헤모글로빈이 변성하는 경우에는 헤모글로빈이 산화되어 메트헤모글로빈이 되고, 메트헤모글로빈은 헤모글로빈을 유리하여 글로빈사슬을 이량체로 해리시키고 변성침전 한다. 이 이량체가 모여 하인쯔 소체가 된다. 본 연구에서는 Heinz body 형성의 확인은 채취된 혈액을 전혈 상태로 EDTA tube에서 항응고 처리를 한 뒤 Brilliant cresyl blue 1.0 g, Sodium citrate( $\text{Na}_3 \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0.4 g, Sodium chloride( $\text{NaCl}$ ) 0.9 g을 Distilled Water 100ml에 잘 녹인 후 여과하여 4℃에 보관되어 있던 super vital 염색 시약으로 염색한 것을 의미하는 것으로 본 연구에서는 적혈구의 조직형태학적 손상 지표로 이용되었다.

## II. 이론적 배경

### 1. 운동과 무산소성 역치

무산소성 역치(AT)란 에너지 생성의 관점에서 무기적 에너지 생성이 보충되기 시작하는 운동 강도로 정의할 수 있다(Wasserman, 1984). 즉 운동 강도가 특정한 수준이상으로 증가하게 되면 운동근의 산소요구량이 운동근의 미토콘드리아로의 산소공급량을 초과하게 되어 인체의 ATP 생성은 무기적 에너지 대사과정에 의해 공급되게 되는데 이와 같이 유기적 에너지 생성과 무기적 에너지 생산 사이의 분기점이 되는 운동 강도를 무산소성 역치(anaerobic threshold; AT)라 한다(Wasserman, 1984).

점진적 부하의 운동시 환기량은 산소섭취량과 어느 시점까지 병행하여 직선적인 증가양상을 보인다. 그러나, 심박수가 약 140~160회/분에 도달하는 강도에서 환기량은 산소섭취량에 비해서 급격하게 증가하는 양상을 보이는데, 이 시점을 환기역치(ventilation threshold)또는 환기 급증점(ventilation breaking point)이라고 한다. 일반인의 경우, 이 시점은 대체로 최대산소섭취량의 40~60% 수준에서 나타난다. 또한, 이 환기역치의 시점은 혈중젖산수준이 휴식시 수준 이상으로 급격하게 증가하는 시점과 일치하거나 약간 뒤에 일어난다. 이처럼 혈중젖산수준이 안정시 수준보다 1mM증가되는 시점의 산소소비량 또는 운동 강도를 젖산역치(lactate threshold)라고 한다. 그 후 계속적으로 운동 강도를 점증시켜 운동을 수행할 때, 환기량이 2차적으로 보다 급격한 증가양상을 보이는데, 이 시점에서의 혈중젖산농도는 대체로 4mM로서 이후 젖산은 운동 강도의 증가에 따라 재차 급격한 상승을 보인다. 대체로, 이 시점은 심박수가 160~190회/분에 도달하는 시점이나 최대산소섭취량의 60~90% 수준에서 나타난다. 이처럼 환기량과 혈중젖산수준이 급증하는 시점을 무산소성 대사가 개시되기 때문에 초래된다고 생각하여 ‘무산소성역치

(anaerobic threshold)'라고 한다. 그러나, 혈중젖산 수준의 증가는 젖산 생성률 증가(무산소성 대사의 증가)이외에도 젖산제거율의 감소와 같은 다른 요인이 관여하고 있기 때문에 무산소성 역치라는 용어 대신에 '환기급증시점(ventilation breaking point)'이나 '혈중 젖산축적 개시점(onset of blood lactate accumulation : OBLA)'이라는 용어가 보편적으로 이용되기 시작하였다(정일규와 윤진환, 2007).

운동근에서의 산소요구량과 산소공급량 불균형이 일어나는 기전에 대하여는 중심성 요인설과 말초성 요인설이 있다. 운동근으로의 산소공급량이 운동근의 산소요구량을 충족시키지 못해 근세포에 산소부족 상태를 초래하면 운동근 미토콘드리아 내에서의 유기적 에너지 대사가 제한을 받아 원형질 내에서의 무기적 에너지대사가 일어나게 된다는 것이 중심성 요인설이며(Dempsey, Hanson & Henderson, 1984), 근세포내의 산소결핍과 무관하게 동원되는 근섬유의 유형에 따라 무기적 해당 작용이 일어난다는 것이 말초성 요인설(Jones & Kane, 1979)이다. 아직까지 어느 가설이 정확한지는 명확하지는 않지만 중심성(central concepts)가설이 옹호되고 있는 실정이며(Brooks, 1985; Davis, 1985), 또한 젖산축적 원인으로서는 근육에서의 산소결핍(무산소성 상태)과 동원되는 운동단위 유형(FT)과는 상관없이 젖산 생성률과 젖산 제거율 간의 불균형에 기인해서 젖산축적이 유발될 수 있다는 것이다(Donovan & Brooks, 1983).

이러한 무산소성 대사의 증가로 인해 젖산생성이 증가하게 되면, 증가된 젖산은 중탄산염에 의해 완충되면서 CO<sub>2</sub>의 생산을 증가시켜 환기량의 증가를 유발시킨다. 따라서 젖산과 환기변수들(V<sub>E</sub>, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>)을 측정하여 무산소성 역치를 추정할 수 있다.

환기역치(VT)를 결정하는 방법으로는 운동강도에 대하여 V<sub>E</sub>가 직선적비례 관계를 벗어나는 점, VO<sub>2</sub>에 대하여 VCO<sub>2</sub>가 직선적 관계를 벗어나는 점, 호흡상수가 급격히 상승하는 점, P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>의 감소 없이 P<sub>ET</sub>O<sub>2</sub>가 증가하는 점, V<sub>E</sub>/VCO<sub>2</sub>의 증가

없이  $V_E/VO_2$ 가 증가하는 점 등이 이용되고 있다(Beaver, 1986; Wasserman, 1984; Wasserman, Whipp, & Koyal, 1973).

일반적으로 젖산 역치(LT)를 결정하는 기준으로서 혈중 젖산농도가 안정시의 농도보다 높은 점(Wasserman et. al., 1973), 혈중 젖산농도가 2mmol/L인 점(Hagberg, 1984), 혈중 젖산농도가 4mmol/L인 점(MacDougall, 1977), 운동 강도 증가에 대한 젖산농도 증가의 기울기가 직선적 관계를 벗어나 급격히 증가하기 시작하는 점(Keul, Simon, Berg, Dickhuth, Goerttler & Kuebel, 1979) 등이 이용되고 있다.

무산소성 역치(AT) 측정법은 침습적 방법과 비침습적 방법으로 나뉘어 질 수 있다. 침습적 방법은 일반적으로 혈중 젖산농도를 측정하여 무산소성 역치를 구하는 것으로서 이 지점을 Lactate threshold(LT) 또는 the onset of blood lactate accumulation(OBLA) 또는 Maximal lactate steady state(MLSS)라고 한다. 비침습적 방법으로서 호흡변수를 이용한 분당환기량(minute ventilation;  $V_E$ ), 산소섭취량( $VO_2$ ), 이산화탄소배출량( $VCO_2$ ), 호흡상(R),  $P_{ET}O_2$ ,  $P_{ET}CO_2$ , 그리고 심박수를 이용한 HRBP(Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti & Codeca, 1982)가 있다.

## 2. 운동과 혈액

최근에 운동이 인체의 생리적 스트레스로 작용하여 면역기능 조절에 관해 긍정적 혹은 부정적인 영향을 준다는 사실이 밝혀짐에 따라, 운동을 하나의 스트레스 개념으로 접근하면서 면역학적 항상성에 대한 연구들이 보고되고 있다. 운동과 트레이닝 자극에 의한 면역 물질들의 변화에 대한 연구들을 보면, 혈액학적 분석을 통해 규칙적인 중강도 운동과 트레이닝은 인체의 면역기능을 향상시키지만(Nieman, 1998), 운동부족 및 과도한 운동과 스트레스 등은 면역학적 항상성을 무너뜨려 항체반응을 억제시키고 감염률을 증가시키게 된다(Nieman, 1995;

Nehlsen, Nieman, Jessen, Chang, & Ashley, 1991)는 연구 결과들이 보고되고 있다. 고강도의 운동이 유행성 감기, 인후염 등과 같은 지속적으로 증가된 감염을 더 잘 일으킨다는 사실과 더불어 마라톤, 축구, 하키, 그리고 스키선수가 상기도 감염을 일으킨다는 연구 등이 있다. Nieman(1995)은 좌업군의 경우 중등도의 운동 강도와 운동량이 감염에 대한 저항성을 감소시키는 반면, 운동이 더 격렬하여 역치에 도달하면 감염에 대한 위험성이 커진다고 하였다. Sharp와 Koutedakis(1992)는 세균성 바이러스 및 진균성 감염이 직접적인 피부접촉을 통해서 일어나고 자외선 방사, 발한 및 피부마찰 등 과도한 노출에 의해 촉진된다고 하였다.

인체가 운동으로 스트레스를 받게 되면, 항상성을 유지하기 위해 적혈구는 여러 가지 조절기전을 변화시키게 된다. 일반적으로 적혈구, 헤모글로빈 농도, 헤마토크리트는 인체 내 산소운반 기능에 중요한 역할을 한다. 지구성 훈련은 적혈구수, 헤모글로빈 농도, 헤마토크리트 등의 혈액 요소에 영향을 미치고 적혈구량의 증가는 유산소성 능력을 향상시키며, 운동수행 능력을 향상시킨다. 적혈구는 항상 산소와 접해 있으므로 느린 자동산화가 일어날 뿐만 아니라, 화학물질에 노출되면 대사를 받아 활성본체가 증가되면서 단백질 변성 및 과산화지질의 생성으로 세포막의 손상을 가져오기도 한다. 특히 운동에 의해 스트레스를 받게 되면 항상성을 유지하기 위해 적혈구는 여러 종류의 생리기전을 변화시키게 되는데 운동선수들처럼 극심한 훈련을 받거나 격렬한 운동을 하는 경우에는 에너지 충족을 위해 운동을 하지 않을 때 보다 산소 요구량이 10-14배 증가하게 된다. 신체적으로 고강도의 운동과 트레이닝을 하고 있는 엘리트 선수들에게서 질병의 위험이 증가하고 고강도의 운동은 질병을 유발시킨다는 연구가 보고되었다. 강한 운동 강도( $VO_2max$  60-100%)에서는 백혈구수를 증가시켰으며, 운동 후에는 호중구와 림프구 수는 유의하게 증가되었지만, 단핵구의 수는 적었으며 회복기 동안 호중구 수는 계속 유지되고 림프구 수는 운동전의 수준 아래로 감소하였다고 보고하였다. 그리고 고강

도의 급성운동은 백혈구 수의 급격한 증가를 유발하고 백혈구 수의 증가는 대부분 호중구의 증가로 기인한다는 연구가 있다.

화학적으로 적혈구를 이루고 있는 주요 물질은 헤모글로빈인데, 지질과 단백질의 복합체로, 적혈구의 색깔을 나타내는 주된 물질이고, 부분적으로 적혈구의 형태를 결정짓기도 한다. 헤모글로빈은 산소 및 탄산가스와 결합하는데, 이 사이의 반응은 가역적이다. 그러나 일산화탄소와의 결합은 비가역적이어서 개체가 죽음에 까지 이를 수가 있다.

헤모글로빈 분자는 2개의 알파체인과 2개의 베타체인으로 된 4개의 subunit로 구성되어 있고 각각 heme group을 갖고 있다. 각각의 체인을 이루는 아미노산의 구성과 순서는 동물의 종에 따라 일정하다. 만약 헤모글로빈에서 단 하나의 아미노산이라도 정상의 것과 다른 것으로 바뀐다면 임상적인 증상이 일어날 수 있다. 유전병의 일종인 낫형 적혈구 빈혈증에서 적혈구가 낫 모양으로 변형되는 것은, 단 하나의 아미노산이 다른 것으로 대체됨으로 해서 구조적인 이상이 생긴 것이다.

헤모글로빈은 적혈구에 함유되어 있는 혈색소로 몸 구석구석에 산소를 운반하는 중요한 역할을 담당하며, 산소를 운반하는 혈중 헤모글로빈의 수치가 낮을 경우 피로감을 비롯해 흉통(chest pain), 가쁜 호흡 현기증 같은 증상들이 유도될 수 있으며, 노년 여성에서는 운동장애가 발생할 수 있다는 새로운 연구결과가 발표되어 헤모글로빈의 중요성이 강조되고 있다. 혈소판의 기능은 혈액의 응고나 지혈작용에 중요한 역할을 한다. Courneya와 Friedenreich(1999)의 연구에서 헤모글로빈과 혈소판은 운동프로그램 처방시 운동 강도 특히 고강도나 고충격의 운동에 중요한 영향을 준다고 보고하였으며, 산소의 운반능력을 강하게 필요로 하거나 출혈요인을 증가시키는 운동은 피해야 한다고 보고하고 있다.

### 3. 운동이 혈액학적 빈혈지표에 미치는 영향

빈혈은 원인은 주로 혈구구성요소가 결핍되거나 골수나 간기능의 이상 그리고 혈구의 파괴율 증가로 인해 발생한다(위승두, 서영환, 나승희, 2001). 인체 내 혈액 성분들은 다양한 항상성 조절 기전에 의해 생물학적으로 안정되고 유용한 수준으로 유지된다. 하지만 이러한 항상성유지는 강한 운동에 의한 탈수에 의해 파괴될 수 있다. 인체에서 땀을 흘릴 경우 수분이 세포 외액에서 빠져 나오게 되고 이로 인해 저장성 상태가 되면 적혈구는 수분을 세포 외액으로 방출해서 저장성의 상태를 평형상태로 만든다. 결국 땀을 흘릴 경우 수분은 세포 내액과 세포 외액 모두에서 방출 현상이 일어난다고 할 수 있다. 이러한 수분의 방출은 또한 혈장량을 감소시키고 그 결과 혈액 농축 등을 만든다.

적혈구 분포 폭치(Red cell distribution width, 이하 RDW로 약함)는 적혈구 용적의 분포에 대한 표준 편차 값으로 적혈구 용적 분포의 상이도를 표시하며, 철결핍성 빈혈을 감별하기 위해 많이 이용되고 있다(Bergin, 1985). George와 Saud(1985)는 RDW가 정상 이하인 경우는 이형성 텔라세미아(heterozygous thalassemia)로, RDW가 증가된 경우는 외생성 빈혈(heterogenous anemia)로 구분하여 혈색소병(hemoglobinopathy)을 비롯한 여러 원인에 의한 빈혈에 대하여 형태학적 분류를 보고한 바 있다. 또한 Bilirubin은 헤모글로빈이 분해될 때 혈액 중에 생기는 색소 물질로서, 정상적으로는 간에서 글루크로닉산(glucuronic acid)과 결합된 후 장에서 박테리아에 의해서 유로빌리노겐으로 대사되고 배설된다. 이 빌리루빈은 혈액에 의해서 간으로 운반될 때 알부민과 결합되며, 결합된 빌리루빈을 형성하면 독성이 없어 병을 일으키지 않으나, 이때 불완전한 결합, 알부민 부족, 결합 메카니즘에 결함이 생기거나 할 때는 혈액 중에 비결합(unconjugation) 빌리루빈의 농도가 높아져서 황달(jaundice, hyperbilirubinaemia)이라는 병을 일으키는 것으로 알려져 있다. 단기간 체중 감량 시 실시된 추가적인 지속적 운동에



의한 과도한 발한과 장내의 출혈 대근의 수축과 발에 가해지는 충격에 의한 말초 혈관에서의 적혈구세포의 파괴 손상과 같은 용혈현상(hemolysis) 등에 의한 철 유출, 혈색소 감소와 Haptoglobin치의 증가 등의 복합적인 작용에 의해 증가된다. 또한, 혈장 AST(aspartate aminotransferase)와 ALT(alanine aminotransferase)의 활성도는 간세포의 손상 지표로 가장 흔히 이용되며, 민감하여 임상적인 간염보다 경미한 정도의 간세포 손상도 확인할 수 있다. 단기간 체중 감량 전에 비해 감량 후에 유의하게 증가하는 경향을 보인다. 이러한 증가는 간세포의 손상이 저산소증 일 때 뇌나 심장세포에는 손상이 없어도 간세포에는 손상이 일어날 수 있다는 선행 연구에서 보듯이, 단기간 체중 감량 시 과도한 운동으로 인한 저산소 상태의 반복 등이 간세포의 손상에 영향을 미쳐 혈중 효소가 증가된다. 단기간 체중 감량 전에 비해 감량 후에 효소가 증가 되었다고 하는 사실은 단기간 체중 감량이 간세포에 부정적인 영향을 주었음을 암시하는 사실이다.

박인해 등(2004)의 연구에 의하면, 중학교 레슬링 선수의 단기간 체중 감량은 주로 탈수에 의해 이루어졌으며, 혈액성분에도 부정적인 역할을 하는 것으로 보고하고 있어 성장기 레슬링 선수의 단기간에 걸친 체중 감량은 인체 여러 조직에 손상을 줄 가능성이 있음을 암시하는 연구가 보고된 바 있다.

Fahraeus(1929)에 의해서 연구되어진 적혈구 침강속도는 혈장의 점도, 혈구나 혈장의 비중, 적혈구의 크기에 다소 영향을 받으나, 실제로는 적혈구 연전에 의해 크게 영향을 받는 현재 질병의 비특이적인 지표(sickness index)로서 크게 주목받고 있다(Brain, 1974; Ernst, 1990; Trevisanuto, Cantaruti, & Zanardo, 1992).

적혈구 침강속도는 항응고제로 처리한 혈액을 일정시간 정직시켰을 때에 적혈구가 tube 내에서 침강한 거리를 mm로 표시한 것으로 적혈구는 혈장보다 비중이 크므로 항응고제로 처리한 혈액을 정지시키면 침강하게 된다. 적혈구 침강속도의 중요한 영양인자는 연전형성이다. 정상적인 적혈구 표면에는 음성전하를 띠는 salic acid(N-acetylneuraminic acid)의 carboxyl 그룹이 존재하여 정전기적인 반

항력(electrostatic repulsive force)을 유발해 연전을 형성하지 않으나 적혈구 두개 크기인 5nm의 정전기적 음전하성(electrostatic negative charge)에 대해 dextran 이나 혈장단백질과 같은 거대분자들이 흡수시켜 버리는 힘이 작용하였을 때에 축을 이루면서 연전을 형성하게 된다고 보고하였다(William & Wartman, 1993). 또한 음전하성을 흡수하는 거대분자의 흡수력은 분자의 비대칭 정도와 분자량에 비례한다고 보고하였다(Kernick, 1973). 연전의 형성에 영향을 미치는 인자로는 비대칭성의 거대분자인 혈장단백질, 적혈구세포의 특징, 기타 생리적인 요인 등 다양하게 보고되어 있다(Lawrence, 1986).

적혈구 침강속도는 질병의 유무, 이미 발생한 질병의 악화나 개선정도, 치료반응정도 등에 대한 비특이적인 지표가 되는데 sickle cell disease와 같은 변형적혈구증가증(poikilocytosis), 적혈구 수의 증가(polycythemia), 혈장단백질의 이상, 담즙산의 과다, 백혈구의 과다한 증가(leucocytosis) 및 선모충증(Trichinosis) 등의 경우에 적혈구 침강속도는 감소할 수 있고 여성이 남성보다 빠르고, 연령의 증가, 종양, 감염, collagen vascular disease, 심장의 경색, 맥관성 혈전, 임신, 갑상선 질병, 빈혈 등의 경우에 증가되어 질병의 비특이적인 지표가 된다고 보고되어 있다(Ernst, 1990).

### III. 연구 방법

#### 1. 연구 대상

본 연구의 피검자는 C대학 및 K대학 남자 농구선수 15명, 체육을 전공으로 하는 일반학생 15명, 총 30명을 대상으로 안정시 심박수, 혈압, 심전도 등 기초의학 검사를 실시하여 의학적 이상 유무를 판정하고, 실험은 예비실험 1회와 본 실험 1회, 총 2회 실시하였다. 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

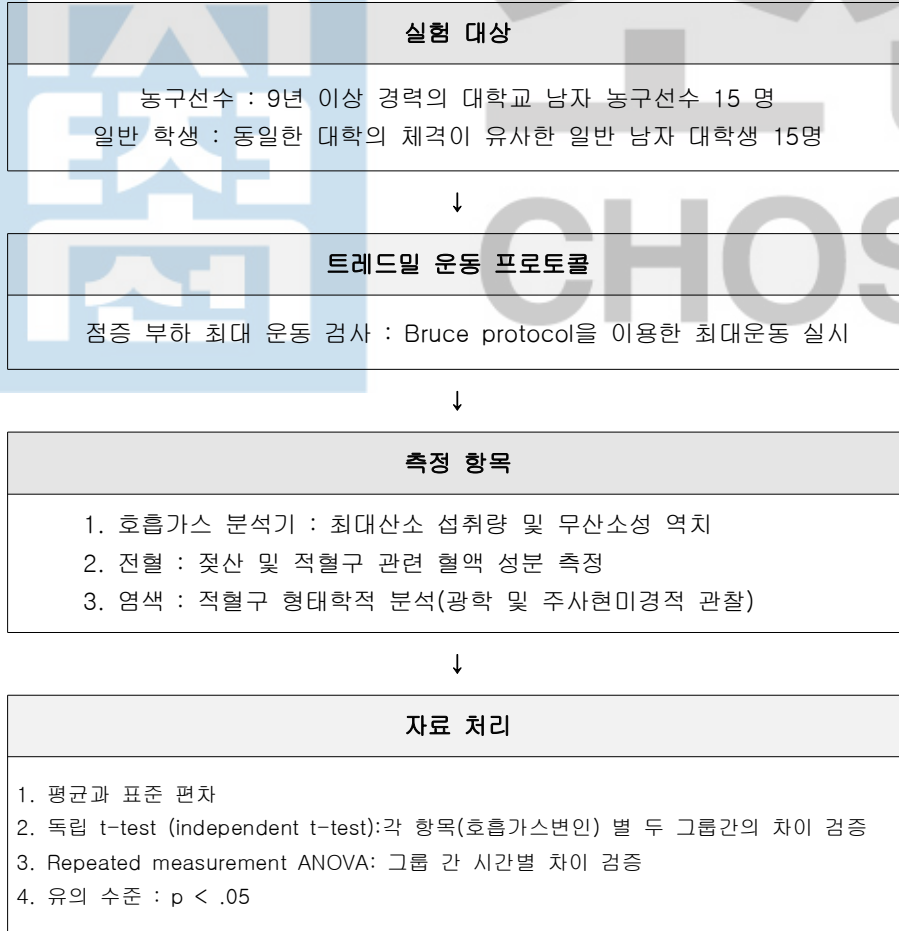
<표 1> 대상자들의 신체적 특성

집단	나이(세)	신장(Cm)	체중(Kg)	체지방량(kg)	최대산소섭취량 (ml/kg/min)	경력(년)
농구선수 (n=15)	22.4±2.52	182.5±3.15	75.3±5.42	52.3±5.12	56.25±3.12	9.4±2.61
일반학생 (n=15)	22.6±1.17	176.6±2.74	72.2±6.51	51.2±3.42	49.28±2.12	○

평균± 표준편차

#### 2. 실험 설계

본 연구의 실험은 사전 예비 실험과 본 실험으로 나누어 수행하였다. 실험실 환경은 동일한 조건이 되도록 22.0 ± 1.0℃, 습도 55.0 ± 5 %로 설정 하였다. 본 실험에 대한 절차를 간단히 요약하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 실험 절차

### 3. 운동부하 방법 및 무산소성 역치 측정

운동부하 최대운동검사는 점증적 최대 운동방법인 Bruce protocol을 이용하였다. 대상자들에게 실험 12시간 이내의 음주 및 운동 금지, 3시간 이내의 음식섭취 금지를 권고하였다. 대상자들이 실험실에 도착하여 30분 이상 안정을 취한 후 점증부하 운동검사 실험 30분전에 안정 시 혈액변인들을 측정하고, 트레드밀 운동프

로토콜인 Bruce protocol을 이용하여 all-out시 까지 점증적 최대운동부하를 실시하였다. 이 과정에서 최대산소섭취량을 측정하였으며 무산소성 역치의 변인들을 산출하였다. all-out 후와 회복기 30분에 혈액을 채취하였다. 실험실 환경을 일정하게  $22.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ , 습도  $55.0 \pm 5\%$  유지하였으며, all-out의 정의는 호흡 교환율 1.15 이상일 때로 결정하였다. 각 피험자는 30분간 충분히 안정을 취한 후, 가스대사를 분석하기 위해 피검자는 마우스피스를 2-way valve에 연결시켜 입에 물게 하고, 코마개(noseclip)로 코를 막아 입으로만 호흡하게 조치하였다. 피검자는 트레드밀에서 Quinton Metabolic Chart(QMC 4500, U,S,A) Exercise System에 같이 부착되어 있는  $\text{O}_2 \cdot \text{CO}_2$  System으로 컴퓨터에 프로그램화 시킨 Bruce Protocol방식에 따라 운동하였으며, 운동중 심박수, 최대산소섭취량을 측정하였다. 호기가스 분석은 breath by breath 방식에 의하여 컴퓨터화 된 Quinton Metabolic Chart(QMC 4500, U,S,A) Exercise System으로 Zirconla  $\text{O}_2$  분석기와 적외선(infrared(IR))  $\text{CO}_2$  분석기로 각각 호흡가스를 자동 분석 하였다.

운동시간과 속도는 3분을 1단계로 정하여 매 단계마다 속도가 1.7mph에서 3분 간격으로 2.5, 3.4, 4.2, 5.0, 5.5, 6.0mph 순으로 속도를 증가시켰다. Treadmill 경사각도는 3분마다 2%씩 증가되게 하여 12, 14, 16, 18, 20%로 점진적 증가시켰다. 피험자의 최대산소섭취량 및 무산소성역치를 구하기 위하여 연령 · 신장 · 체중을 독립변인으로 하고, 종속변인으로 절대 최대산소섭취량( $\text{VO}_{2\text{max}}$  ml/mim), 단위 체중당 최대산소섭취량( $\text{VO}_{2\text{max}}$  ml/kg ·  $\text{min}^{-1}$ ), 무산소성역치시 절대 최대산소섭취량(AT- $\text{VO}_2$ ml/mim), 무산소성역치시 단위 체중당 최대산소섭취량(AT-( $\text{VO}_2$ ml/kg ·  $\text{min}^{-1}$ ), 무산소성역치시 최대산소섭취량과의 비율(AT-% $\text{VO}_{2\text{max}}$ ), 무산소성역치 심박수(AT-HR beats/min), 운동지속시간(AT-Time), 운동중지시간(AT-out time)로 하여 집단간 평균 및 표준편차를 구하였다.

#### 4. 채혈 및 혈액 검사방법

채혈은 운동 전과 점증부하 최대 운동을 실시한 직후, 회복기 30분에 상완정맥에서 3회에 걸쳐 5cc의 혈액을 채혈 하였다. 채혈된 혈액은 생화학적 변인 및 적혈구 형태학적 변화를 관찰하는데 이용하였다.

##### 1) 젖산 농도

젖산농도는 운동전, 운동직후(all-out), 회복기-30분에 측정하였다. 혈액은 손가락 끝(finger tip)에서 헤파린(heparin) 처리된 모세관(capillary tube)을 이용하여 29 $\mu$ l의 모세 혈을 채취하였으며 채취된 혈액은 바로 용혈제와 보존제가 들어있는 sample cup에 넣고 흔든 다음 글루코스, 젖산 동시분석기(BIOSEN C-Line, Germany)에 주입하여 측정 하였으며 농도 값은 mM/l 단위로 정량화 하였다.

##### 2) 적혈구 수와 Hemoglobin 측정

채혈된 전혈(whole blood)을 이용하여 산소운반관련 혈액성분인 적혈구 수와 헤모글로빈을 측정하였다. 측정 장비는 Complete Blood Count 장비의 하나인 Automatic Blood Cell Counter MICROS 60-OT(ABX Diagnostics, France)를 이용하였다. 측정 절차를 간단히 설명하자면 먼저 채혈된 전혈 0.5ml를 장비에 주입시켜, 0.5ml diameter aserture를 통과할 때 생기는 electrical impedance (resistance)의 변화를 감지하고, 이 미세한 전기적인 변화를 증폭시켜 analyzer에서 pulse pattern으로 이들 변인들을 측정하였다.

##### 3) 적혈구 침강속도(Erythrocyte Sedimentation Rate; ESR) 측정

적혈구의 부유 안정도(suspension stability)를 검사하기 위한 적혈구침강속도는 다음과 같이 측정하였다. 먼저 채혈된 전혈은 즉시 EDTA가 들어있는 적혈구 침강

속도 측정 전용 tube에 넣어 자동 적혈구 침강속도측정기(Microsed-system series I, Italy)로 측정하였으며, 측정 원리는 sodium citrate와 1:4로 희석하여 측정하는 Westergren 법으로 측정하였다.

## 5. 적혈구의 조직형태학적 분석

### 1) 광학현미경적 관찰

#### (1) 혈액도말

채혈된 혈액을 slide glass 한쪽 끝에 혈액 한 방울을 가볍게 묻힌 다음 spreader 끝에 혈액이 밀착되도록 일단 뒤쪽으로 조금 당겨 혈액이 spreader 끝 전반에 고르게 퍼지게 한 후, Spreader와 Slide glass 양쪽 면을 가볍게 스치면서 같은 속도로 전진시켜 도말 하였다.

#### (2) Wright's 염색 및 초생체 염색 (Super vital stain)

일반적인 적혈구 형태를 알아보기 위한 Wright's 염색은 고정과 염색이 동시에 되고 단시간에 완료되며 과립 염색이 잘된다. 혈액도말표본위에 Wright solution을 충분히 올려놓고 1분간 두고 난 다음 동량의 phosphate buffer solution을 추가하여 염색액을 희석한 후, 가볍게 입김을 불어 buffer solution과 wright stain solution이 잘 섞이도록 한다. 5-10분두면 염색이 완료된다. 염색된 sample은 충분한 buffer solution으로 씻어 내린 후 공기 건조시켜 검경하였다.

Heinz body는 적혈구내 일종의 inclusion body (denatured hemoglobin)로서 불규칙한 모양의  $2\mu\text{m}$ 이하 덩어리들이다. 흔히 적혈구의 가장자리에 위치하며 Hemoglobin의 조각으로 super vital stain(Brilliant cresyl blue stain)으로 염색된다

(Webb, 2003). Heinz body 형성의 확인은 채취된 혈액을 전혈 상태로 EDTA tube에서 항응고 처리를 한 뒤 Brilliant cresyl blue 1.0 g, Sodium citrate( $\text{Na}_3 \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0.4 g, Sodium chloride( $\text{NaCl}$ ) 0.9 g을 Distilled Water 100ml에 잘 녹인 후 여과하여 4°C에 보관되어 있던 super vital 염색 시약으로 염색하였다. 검사방법은 여과지에 시약을 여과한 후 혈액 동량(2drops)을 slide glass위에서 잘 혼합 후 microcapillary tube에 넣어 15분간 염색한다. 잘 혼합 후 slide glass에 1방울 놓고 cover glass를 덮고 vaseline으로 cover glass 양쪽을 고정하여 slide를 완성 하였다.

### (3) 광학 현미경 관찰

일반적 적혈구 형태 외에 적혈구의 모양이 일정하지 않고 여러 형태의 세포가 섞여서 나타나는 이상적인 적혈구(Abnormal erythrocyte series)의 관찰은 탄산가스의 농도가 증가되고 산소가 감소되었을 때 일어나는 Sickle Cell, 적혈구 돌기를 가지고 있는 형태로 확대된 세포질 내의 공포나 세포막의 파열에 의해서 생성되는 Burr Cell, poikilocytosis에 속하는 Helmet shaped 등을 관찰하였다. Heinz body는 헤모글로빈이 산화되어 나타나는 것으로 선행연구(Yamato 등, 1999)를 기초로 하여 현미경상에서 동일한 면적을 선택하여 총 적혈구수에서 Heinz body를 한개 이상 가지고 있는 적혈구들의 백분율(%)을 구하였다. 염색된 slide는 oil lens(1000배)로 관찰하였다.

## 2) 주사현미경적 관찰

유출된 혈액을 4°C 25% preformaldehyde-glutaraldehyde로 고정한 후 0.1M phosphate로 3번 세척한다. 고정이 끝난 후 재료는 alcohol series 법으로 탈수시킨 후 시료대 위에서 12시간 자연 건조 시키고 건조된 재료는 백금 코팅 후 주사전자현미경(Hitachi S-4300)으로 관찰하였다.



## 6. 자료처리

본 연구의 자료 처리는 SPSS/PC 통계 프로그램(13.0)을 이용하였다.

- 1) 각 항목별 기초 통계량은 평균 및 표준편차(means  $\pm$  S.D)로 제시하였다.
- 2) 무산소성 역치 수준 변인들의 두 그룹간의 차이 검증은 독립 t-테스트 (Independent t-test)를 이용하였다.
- 3) 혈액생화학적 및 형태학적 변화에 대한 그룹 및 시간의 차이 검증은 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)을 이용하였다.
- 4) 유의차에 대한 사후 검증은 Fisher의 pairwise comparison을 이용하였다.
- 5) 모든 통계적 유의 수준은  $p < .05$ 로 설정하였다.

## IV. 연구 결과

본 연구는 농구 선수들을 대상으로 무산소성 역치와 임상학적 방법인 혈액성분 측정법과 현미경을 통한 조직화학측정법을 이용하여 농구선수의 일회적 최대운동 전, 후와 회복기의 혈액성분 변화, 적혈구의 조직학적 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 한 연구로 다음과 같은 결과를 얻었다.

### 1. 무산소성 역치수준 관련변인의 변화

<표 2>에 나타난 바와 같이 AT-%VO<sub>2</sub>max 값은 농구선수그룹(81.27±1.33)이 일반학생(62±6.094) 보다 더 높은 것으로 나타났으며(p=.000), AT-VO<sub>2</sub>(l/min)에서도 농구선수그룹(4.6±0.91)이 일반학생(3.4±1.06) 보다 높은 것으로 나타났다(p=.002). 또한, VO<sub>2</sub>(ml/kg/min)에서도 농구선수그룹(45.56±2.10)이 일반학생(30.55±6.13) 보다 통계적으로 증가하였다(p=.000). AT-HR에서는 농구선수그룹(190.8±4.26)이 일반학생(182.33±5.72) 보다 높게 나타났으며(p=.000), AT-time과 AT-out time에서도 농구선수그룹이 일반학생그룹보다 통계적으로 증가한 것으로 나타났다(p=.000).

<표 2> 무산소성 역치 수준 관련변인의 변화

항목	농구 선수	일반 학생	t-값
AT-%VO <sub>2</sub> max	81.27±1.33	62±6.094	11.960**
AT-VO <sub>2</sub> (l/min)	4.6±0.91	3.4±1.06	3.334**
AT-VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	45.56±2.10	30.55±6.13	9.401**
AT-HR	190.8±4.26	182.33±5.72	4.599**
AT-time(min)	17.2±2.04	12.2±2.11	6.592**
AT-out time(min)	20.87±1.64	16.4±2.10	6.494**

평균 ± 표준편차

\*p< .05, \*\*p< .01

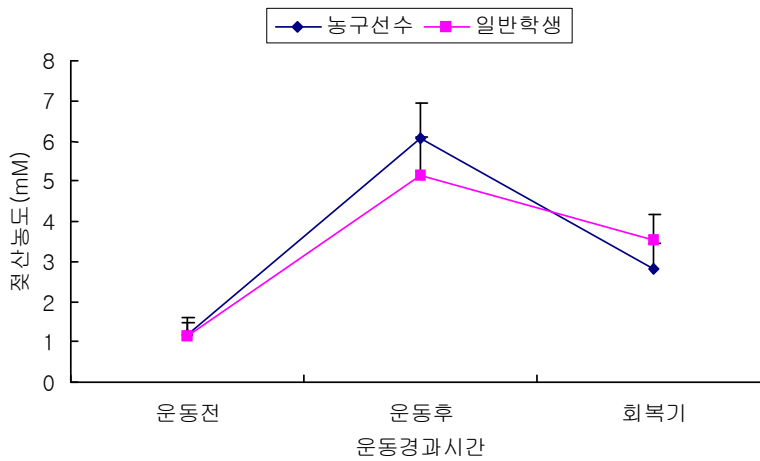
## 2. 혈중 젖산의 변화

혈중 젖산농도의 변화는 <표 3>과 <그림 2>와 같이 나타났다.

<표 3> 혈중 젖산의 변화

집단	운동 전	운동 후	회복기
농구 선수 (n=15)	1.20±0.41	6.06±0.88	2.84±0.60
일반 학생 (n=15)	1.13±0.35	5.13±0.99	3.54±0.61

평균 ± 표준 편차



<그림 2> 혈중 젖산의 변화

그룹간의 통계적 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석을 실시한 결과 <표

4>와 같이 각 그룹과 운동시간에 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났다[F(2, 56)=13.417, p= .000]. 이에 대한 검증 결과 운동 전 집단간의 차이는 보이지 않았으나 운동 후에 농구선수 그룹이 유의하게 증가하는 경향을 보였으며, 회복기에서는 농구선수 그룹이 유의하게 감소하는 것으로 나타났다.

<표 4> 젖산변화에 대한 반복측정 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F-값	유의확률
그룹	992.680	1	992.680	1543.178	.000
오차	18.012	28	.643		
시간	295.514	2	147.757	395.844	.000
그룹*시간	10.017	2	5.008	13.417	.000
오차	20.903	56	.373		

### 3. 혈중 적혈구 수의 변화

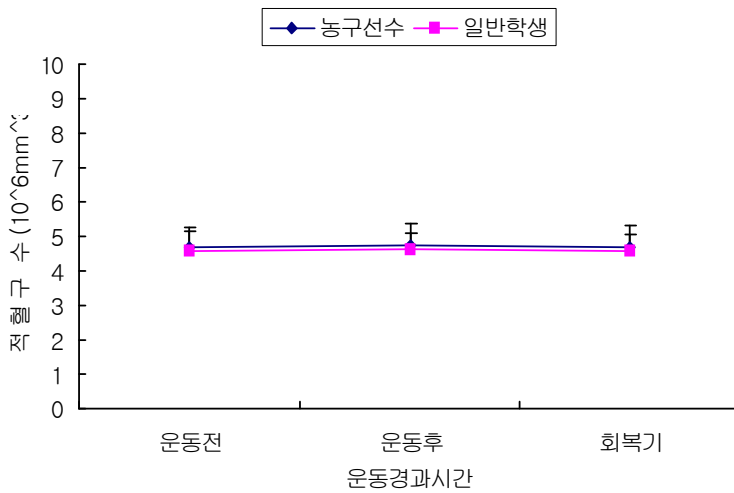
대상자들의 점증적 최대 운동 전, 후, 회복기의 혈중 적혈구 수의 변화는 <표 5>와 같이 나타났다.

<표 5> 혈중 적혈구 수의 변화

( $10^6\text{mm}^3$ )

집단	운동 전	운동 후	회복기
농구 선수 (n=15)	4.68±0.59	4.74±0.61	4.67±0.62
일반 학생 (n=15)	4.56±0.61	4.64±0.44	4.59±0.47

평균 ± 표준 편차



<그림 3> 적혈구 수의 변화

그룹 간의 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석을 실시한 결과 <표 6>과 같이 각 그룹과 운동시간에 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타났으며, 운동시간 및 그룹 간에도 통계적 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

<표 6> 적혈구 수 변화에 대한 반복측정 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F-값	유의확률
그룹	.225	1	.225	.350	.559
오차	21.141	28	.755		
시간	.098	2	.049	.483	.620
그룹*시간	.008	2	.004	.041	.960
오차	5.685	56	.102		

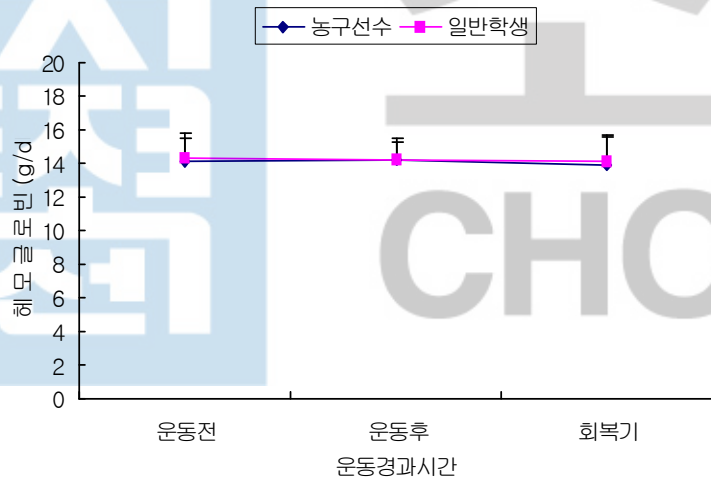
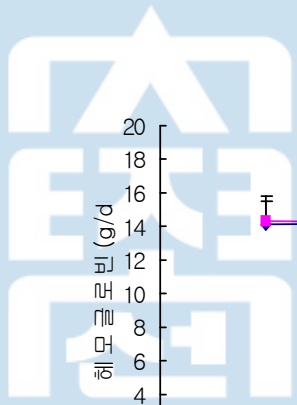
#### 4. 혈중 헤모글로빈의 변화

대상자들의 점증적 최대 운동 전, 후, 회복기의 혈중 헤모글로빈의 농도 변화는 <표 7>과 같이 나타났다.

<표 7> 혈중 헤모글로빈의 변화

집단	(g/dL)		
	운동 전	운동 후	회복기
농구 선수 (n=15)	14.06±1.38	14.26±1.02	13.92±1.74
일반 학생 (n=15)	14.33±1.44	14.20±1.32	14.13±1.40

평균 ± 표준 편차



<그림 4> 헤모글로빈의 변화

그룹 간의 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석을 실시한 결과 <표 8>과 같이 각 그룹과 운동시간에 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타났으며, 운동시간 및 그룹 간에도 통계적 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

<표 8> 헤모글로빈의 변화에 대한 반복측정 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F-값	유의확률
그룹	.441	1	.441	.147	.705
오차	84.197	28	3.007		
시간	.723	2	.361	.248	.781
그룹*시간	.461	2	.230	.158	.854
오차	81.523	56	1.456		

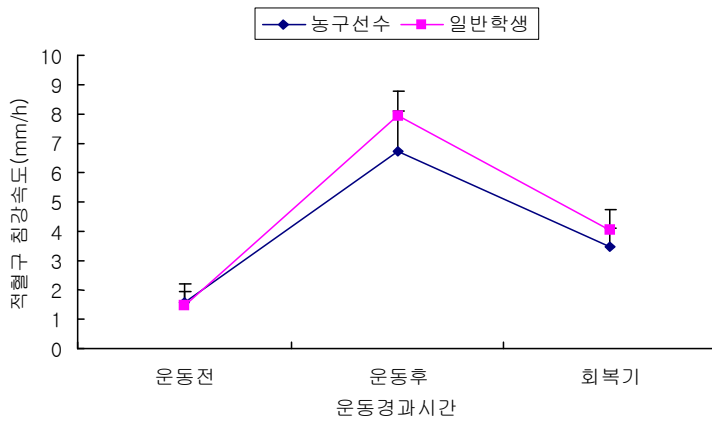
### 5. 적혈구 침강속도의 변화

점증적 최대운동 전, 후, 회복기 시 적혈구 침강속도의 변화는 <표 9>와 같이 나타났다.

<표 9> 적혈구 침강속도의 변화

집단	운동 전	운동 후	회복기
농구 선수 (n=15)	1.60±0.63	6.73±1.38	3.46±0.63
일반 학생 (n=15)	1.46±0.51	7.93±0.88	4.07±0.65

평균 ± 표준 편차



<그림 5> 적혈구 침강속도의 변화

그룹간의 통계적 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석을 실시한 결과 <표 10>과 같이 각 그룹과 운동시간에 있어서 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났



다 [ $F(2, 56)=5.147, p=.009$ ]. 이에 대한 검증 결과 운동 전 집단 간의 차이는 보이지 않았으나 운동 후에 농구선수 그룹에 비해 일반 학생 그룹의 적혈구 침강속도가 유의하게 유의하게 증가하는 경향을 보였으며, 회복기의 회복속도는 농구선수 그룹이 일반학생 그룹에 비해 빠르게 감소하는 것으로 나타났다.

<표 10> 적혈구 침강속도 변화에 대한 반복측정 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F-값	유의확률
그룹	6.400	1	6.4000	7.906	.009
오차	22.667	28	.810		
시간	514.40	2	257.200	397.147	.000
그룹*시간	6.667	2	3.333	5.147	.009
오차	36.267	56	.648		

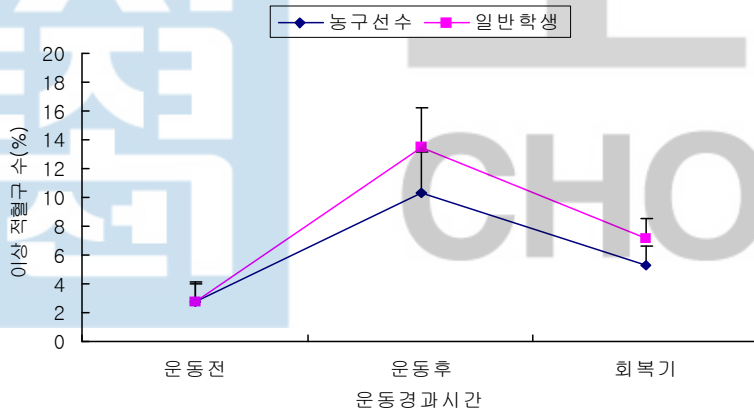
## 6. 이상 적혈구 수의 변화

점증적 최대운동 전, 후, 회복기 시 이상적혈구 수의 변화는 <표 11>과 같이 나타났다.

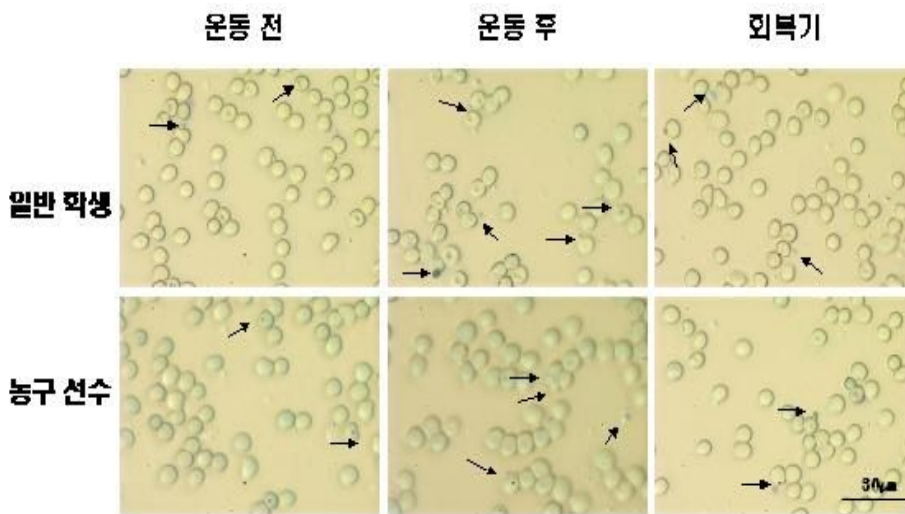
<표 11> 적혈구 형태의 변화

집단	(%)		
	운동 전	운동 후	회복기
농구 선수 (n=15)	2.70±1.39	10.35±2.77	5.28±1.36
일반 학생 (n=15)	2.74±1.23	13.51±2.67	7.13±1.42

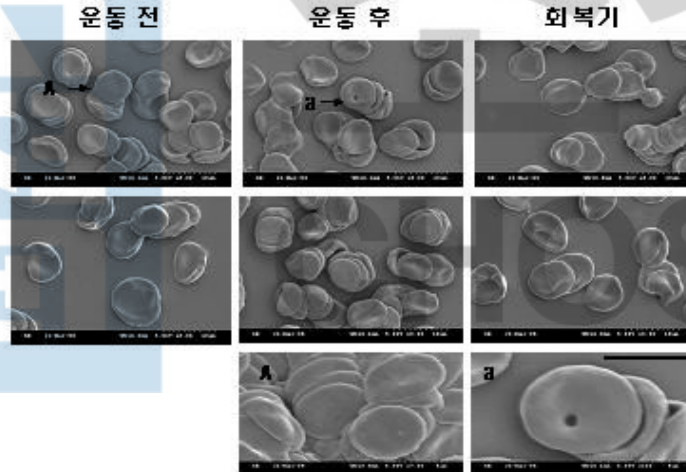
평균 ± 표준 편차



<그림 6> 이상 적혈구 수의 변화



<그림 7> 적혈구의 광학현미경적 관찰(→:Heinz body formation, Wright 염색, \*1000)



<그림 8> 적혈구의 주사현미경적 관찰[A: 정상적혈구, a:비정상 적혈구 (Heinz body formation)]

그룹간의 통계적 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석을 실시한 결과 <표 12>와 같이 각 그룹과 운동시간에 있어서 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났다[F(2, 56)=6.034,  $p = .004$ ]. 이에 대한 검증 결과 운동 전 집단간의 차이는 보이지 않았으나 운동 후에 농구선수그룹에 비해 일반 학생 그룹의 Heinz body 형성과 같은 이상적혈구 수가 유의 하게 증가하는 경향을 보였으며, 회복기의 회복 속도는 농구선수그룹이 일반학생그룹에 비해 빠르게 감소하는 것으로 나타났다.

<표 12> 이상 적혈구 수 변화에 대한 반복측정 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F-값	유의확률
그룹	63.675	1	63.675	12.712	.001
오차	140.252	28	5.009		
시간	1296.098	2	648.049	212.137	.000
그룹*시간	36.864	2	18.432	6.034	.004
오차	171.073	56	3.055		

## V. 논 의

본 연구는 농구선수들을 대상으로 일회성 점증적 최대운동 전, 후, 회복기 시 무산소성 역치, 혈액성분 변화, 적혈구의 조직학적 변화에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보고자 한 연구이다. 실험 결과 농구선수가 일반학생에 비해 높은 무산소성 역치 수준을 보였고, 적혈구의 양적지표인 적혈구 수와 헤모글로빈의 변화는 나타나지 않았으며, 적혈구의 질적 지표인 적혈구 침강속도와 이상적혈구수의 변화는 일반학생이 농구선수에 비해 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 중심으로 다음과 같이 논의 하고자 한다.

무산소성역치는 1964년 Wasserman 등이 순환계환자의 지구성 운동능력을 평가하기 위해 임상적으로 처음 사용(Caiozzo, 1982)한 이래로 현재까지 많은 연구가 이루어져 오고 있다. 무산소성 역치는 점증부하 운동 중에 대사성 산성증(metabolic acidosis)과 호흡가스 교환에 관련된 시점으로 정의되며(Davies, Vodak, Wlimore & Kurtz, 1976), 환기 역치(ventilation threshold), 젖산 역치(lactate threshold), 심박수 역치(HR brake point) 그리고 onset of blood lactate accumulation(혈중 젖산농도가 항정상태로 보이는 최고의 강도, OBLA) 등이 무산소성 역치 수준을 결정하는데 활용된다(Vidal Melo, Barazzanji, Winga & Johnson, 2004; Bosequet, Lefer, & Legros, 2002).

또한, 무산소성 역치는 운동능력을 평가하는데 유용한 지표가 된다(Davis, 1985; Neuffer, Costill, Fielding, Flynn, & Kirman, 1987). 이러한 젖산은 운동과정에서 인원질 분해가 약 67% 진척된 후 체내에 축적되기 시작하며(Tamayo, 1984) 낮은 운동 강도 보다는 고강도 운동 수행 중에 보다 크게 형성되는 것으로 보고되고 있다(Houdijk, Heijinsdijk, Koning, Groot, & Bobert, 2000). 일반적으로 운동선수의 경우, 성인 남자의 60% 정도보다 높은 수준의 65-75% 정도에서 무산소성 역치가 나타난다고 보고하였다(Davia, Frank, Whipp, & Wasserman, 1979).

본 연구결과 농구선수 그룹과 일반학생 그룹의 무산소성 역치수준의 관련 변인들인 절대 최대산소섭취량, 단위 체중 당 최대산소섭취량, 무산소성 역치 시 절대 최대산소섭취량, 무산소성 역치 시 단위 체중 당 최대산소섭취량, 무산소성 역치 시 최대산소섭취량과의 비율, 무산소성 역치 심박수, 운동지속시간에서 농구선수 그룹이 일반학생 그룹보다 유의하게 높은 것으로 나타났다.

본 연구결과 중에 무산소성 역치 시 최대산소섭취량과의 비율은 농구선수 그룹이 81%, 일반학생 그룹이 62%로 두 그룹 간 유의한 차이를 나타냈는데. 선행연구와 비교해 보면 Mickelson와 Hegaman(1982)은 비지구성 운동선수의 72%, 지구성 운동선수는 83%라고 보고하였으며, MacDougall(1977)은 비운동선수의 무산소성 역치는 55%, 비지구성 운동선수들은 75%, 마라톤 선수들은 85%라고 보고하였다. 또한 Mickelson와 Hegaman(1982)은 미국 올림픽 조정선수들은 71.8%라고 보고한 바 있다.

본 연구결과도 농구선수집단이 비선수집단 보다 무산소성 역치가 높게 나타났다는 선행연구와 일치하는 결과를 나타냈는데, 이는 근섬유와 근육의 모세혈관이 발달되고 근육의 산화능력이 증대되고, 장기간 훈련을 통해서 미토콘드리아의 크기와 수가 증가하여 많은 에너지 생산능력이 생겼기 때문으로 보여 진다.

혈중 젖산은 근육운동의 무산소적 대사의 부산물로서 점증적 운동부하에 따른 젖산농도의 축적은 근육세포 내 수소이온의 증가로 인해 세포질의 pH가 낮아져 세포의 산성도가 증가하면 효소활동이 억제되어 근 수축작용의 저하를 가져오고 이는 근 피로에 의한 운동능력 장애를 초래하게 된다(Wasserman, Whipp, & Koyal, 1973). 운동부하에 의한 젖산농도의 축적은 근 피로와 높은 상관관계가 있다(Sahlin, 1986).

젖산은 생성되는 즉시 수소이온( $H^+$ )을 해리시키는데, 세포내에서 수소이온( $H^+$ )농도가 증가할 때 중탄산염( $HCO_3^-$ )은 이를 완충시키는 작용을 한다. 세포 외액의 중탄산염이 높은 농도로 존재할 때 수소이온은 더욱 빨리 세포 밖으로 확산됨에 따

라 세포내의 산성도가 감소하게 되는데, 이것은 세포막에 수소이온 농도(pH)의 변화도에 반응하여 작용하는 젖산전달자가 존재함을 의미하는 것으로 중탄산염의 완충작용에 의해 세포외 수소이온 농도(pH)가 증가하게 되면 세포막 젖산전달자에 의해서 세포내에서 세포 밖으로 젖산 이동이 더욱 촉진된다(Roth & Brooks, 1990)

단시간의 격렬한 운동 수행 후에는 골격근 수축에 의한 다량의 젖산이 생성되며, 강산인 젖산은 이온화하여 수소이온( $H^+$ )을 방출한다. 이와 같은 세포내외의 젖산 및 수소이온( $H^+$ ) 농도의 증가는 파로의 주요 원인으로 간주되며(Hermansen & Osness, 1988), 방출된 수소이온은 다른 분자에 결합하여 원래의 크기와 모양을 변하게 함으로써 영향을 미친다(Nattie, E., 1990; Spriet, MacLean, Dyck, Hultman, Cederblad, & Graham, 1992). 이러한 크기와 모양의 변화는 효소의 정상적인 기능을 바꿔서 에너지 대사에 중요한 영향을 주게 된다.

또한 젖산의 축적으로 인한 수소 이온의 농도증가는 각각의 심자형교에 의해서 생성되는 힘을 감소시키거나, 해당 작용을 통한 ATP의 계속되는 생산에 영향을 주거나 혹은 일정한 칼슘농도에서 발생하는 힘을 감소(수소이온의 트로포닌과 칼슘의 결합 방해)시키고, 근형질 세망의 칼슘 방출을 억제하는 방법으로 피로를 초해한다.

Howley와 Franks(1991)는 최대운동 중 혈액과 근육 내 젖산의 농도가 훈련자가 비훈련자 보다 더 높게 나타난다고 하였으며, 남자 고등학생 카누선수와 일반 학생을 대상으로 점증적 최대 운동시 혈중 젖산, 최대산소섭취량, LDH, CPK 등의 활성도를 비교 분석한 윤진환 등(2002)의 연구에서도 카누선수가 일반학생들 보다 높게 나타나 본 연구결과와 일치하였다. 윤진환 등(2002)은 점증적 최대운동 후 회복기의 혈중 젖산농도최고치의 경우 운동 지속시간의 연장에 의해 부하된 운동 강도와 운동량이 증가함에 따라 높게 나타난 것으로 보고하고 있다.

선행연구들의 안정시 혈중젖산 농도를 보면 Costill(1974)은 1.3mM, 정도라고

보고하였다. Hermansen와 Stensvold(1972)은 안정시 근육과 혈액 내에 축적되어 있는 젖산의 농도는 약 1.1mM/L 이며,  $VO_2max$  수준의 40% 강도로 운동을 할 때까지 변화를 보이지 않다가, 그 이상으로 높아짐에 따라 축적량이 점차 증가하여 일정한 시점에서 급격히 증가된다고 하였다.

본 연구결과 안정시 혈중 젖산 농도는 농구선수 그룹이 1.2mM/L, 일반학생 그룹이 1.13mM/L로 선행연구와 일치하며, 최대운동 직후에는 농구선수 그룹이 6.06mM/L, 일반학생 그룹이 5.13mM/L 으로 두 그룹 간 유의한 차이를 나타냈다. 회복기 30분에서도 농구선수 그룹이 2.84mM/L, 일반학생 그룹이 3.54mM/L로 농구선수 그룹이 일반학생 그룹 보다 젖산의 회복이 유의하게 빠른 것으로 나타났다.

선행연구에서는 최대 운동부하의 80%에서는 3.5mM 정도 젖산이 축적되고 (Karlsson & Saltin, 1970), Gollnick(1986) 등은 안정시 혈중젖산이 1.1mM 정도 이나 격렬한 운동시에는 17배 이상의 증가를 나타내고 2분 이내의 최대운동 부하 강도시에 혈중 젖산농도가 최대치를 나타낸다고 하였다.

운동 중 생성된 젖산은 혈액을 통하여 간장과 신장에서 85%가 글리코겐으로 재합성되며 운동 후 회복 2-3분 내에 ATP와 PC가 근육 속에 저장되어 그 후 젖산이 당원질로 재합성 된다. 그리고 운동에 의한 근육의 젖산농도와 혈중 젖산농도는 운동 전 글리코겐 수준에 따라 다르게 나타난다. 혈중 젖산농도의 축적 및 제거 등은 근 피로와 직결되는 근 운동의 한계요인을 결정하며, 젖산의 제거는 간, 신장, 심장 골격근 뇌에서 제거되며 소변과 땀으로도 배출된다.

운동 후의 피로지표로 이용되는 젖산은 무산소 운동 중에 근세포질에 축적되는 피로물질의 일종으로 운동으로 인해 젖산이 축적되면 체내 산성화가 초래되어 운동 중 당질대사에 관여하는 phosphorylase활성이 저해되고, pH 감소, myosin ATPase 활성도 저하 등, 결과적으로 무산소 상태에서 운동 에너지의 급원이 되는 글루코스 신생이 억제되는데(Brooks & Gaesser, 1980; MacLaren, Gibson,

Parry, & Edwards, 1989), 일반적으로 훈련에 의해 혈중 젖산농도 수준은 저하되는 것으로 나타나며, 이는 훈련으로 인해 조직으로의 원활한 산소공급과 조직에서의 젖산대사에 영향을 미치는 효소활동의 증가에 기인한 것으로 보고되고 있다

본 연구결과 농구선수집단과 일반학생집단 모두 운동 전후 혈중 적혈구 수와 헤모글로빈 농도에 유의한 차이를 나타내지 않았지만 헤모글로빈은 단시간의 고강도 운동시 증가하여 높은 수준을 유지 하다가 빠르게 저하하여 안정시 수준으로 회복된다는 Huang, Lee, Perng, Yang, Kuo와 Chang(2002)의 연구와는 다소 이견이 있는 결과이다.

본 연구에서는 점진적 최대운동으로 인한 조직 내의 산소요구량 증가로 산소 운반능력이 활성화되어 적혈구 농도 증가와 헤모글로빈 농도 증가를 기대하였으나 두 그룹간의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 점진적 최대운동이 정맥혈 내의 혈액가스변화에 영향을 미치는 요인 중 하나인 에너지 대사과정에 영향을 미치지 못했기 때문인 것으로 생각된다.

운동시 혈액가스 변인들은 호흡을 포함한 대사기능의 활성화에 의해 영향을 받는데, 운동 강도의 증가와 운동시간의 연장으로 말미암아 산소운반능력의 제한현상이 발생하면 혈액 가스변인의 적절한 변화를 통해서 적혈구 내 헤모글로빈에 의해 산소운반 능력이 활성화 된다. 운동시 산소공급이 근육에서의 산소요구량을 초과하면 혈중 헤모글로빈의 산소포화도는 운동시 산소공급의 활성화를 위해 혈중 산소함량이 증가되면서 산소분압의 변화와 거의 동일한 양상을 나타내는데, 이와 같은 변화는 서서히 나타난다(Kaijser, 1970). 운동시 혈중 산소분압의 증가는 호흡기능의 활성화와 혈류량 증가를 대표적으로 들 수 있으며(Mathews & Fox, 1971) 체내의 산소요구량에 대한 적절한 반응으로 간주된다. 혈중 이산화탄소는 무산소성역치 수준 이상의 운동을 하면 서로 다른 두 가지 원인에 의해서 출현한다. 하나는 유산소성 대사과정에서 발생된 이산화탄소이고, 다른 하나는 젖산 중화로 인해 생겨난 이산화탄소이다(Wasserman et. al., 1973).



Killick와 Marchant(1965)은 혈액 내 젖산의 농도가 높아질수록 호흡수가 증가되며 동맥혈의  $pCO_2$ 가 감소하는데 이는 대사산증에 의하여 야기되는 것이라 하였다.

또한, 본 연구에서는 트레이드밀 최대 운동이 인체 내 산소운반 능력에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보기 위해 적혈구의 병리 및 산화적 손상의 지표로 이용되는 변인들의 변화를 관찰하였다.

새롭게 생성된 적혈구와 파괴되기 직전의 적혈구 사이에는 여러 생화학적인 성질 등에 의해 적혈구가 손상되는 과정이 일어나는데, 손상과 관련하여 적혈구 침강속도(erythrocyte sedimentation rate, ESR)는 비 특이적이기는 하지만 염증성 반응을 나타내는 좋은 지표이다. 그것은 비교적 간단한 방법으로 적혈구 손상을 나타낼 수 있는데, 운동과 관계되는 적혈구 손상은 혈액 내 산소운반 적혈구계의 수적인 증감여부로 판단한다. 적혈구 파괴의 원인은 적혈구 속의 헤모글로빈이 산화되는 현상으로서, 헤모글로빈의 산화는 Heinz body를 형성하게 된다(Jaime, & Paula, 2002).

본 연구결과 적혈구 침강속도의 변화는 운동 후에 농구선수 그룹에 비해 일반 학생 그룹의 적혈구 침강속도가 유의하게 증가하는 경향을 보였으며, 회복기의 회복속도는 농구선수 그룹이 일반학생 그룹에 비해 빠르게 감소하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 격렬한 운동으로 인하여 생성된 활성산화물질이 적혈구 세포막의 단백질 변성 및 과산화지질의 생성으로 세포막의 손상이 일어난 것으로 생각된다. 이와 관련하여 이상 적혈구 수는 본 연구결과 운동 전 집단 간의 차이는 보이지 않았으나 운동 후에 농구선수그룹에 비해 일반 학생 그룹의 이상적혈구 수가 유의하게 유의하게 증가하는 경향을 보였으며, 회복기의 회복속도는 농구선수그룹이 일반학생그룹에 비해 빠르게 감소하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 적혈구내에는 헤모글로빈이 생리적 조건하에서 산화헤모글로빈의

상태로 ascorbic acid 와 서로 반응하여  $H_2O_2$ 를 생성하고  $H_2O_2$ 는 헤모글로빈의 tetrapyrrole 고리를 산화시켜 글로빈과 철을 제거함으로써 헤모글로빈화되어 생성되는 heinz body 등에 의하여 적혈구 형태에 이상이 나타난 하나의 원인이라고 보고하고 있다(Haklar, Demirel, Peker, Eskitürk, Isgor, Soyletir, & Yalcin, 1997).

본 연구에서 적혈구 세포막의 변형을 관찰하기 위해 투사전자현미경 관찰한 결과, 두 그룹 모두 운동 전 보다 운동직후에 적혈구 세포막에 Heinz body 형성과 같은 적혈구의 변형이 나타나는 것으로 관찰되었다. 특히, 농구선수 보다 일반학생 그룹에서 좀 더 많은 변형을 보였다. 이러한 운동직후의 적혈구 변형의 원인은 단시간의 강한 운동 시 에너지 공급을 위하여 지질 산화로 인한 산화스트레스와 적혈구내 헤모글로빈의 산소 turn over의 급격한 증가로 인해 적혈구 세포의 막 손상과 파괴를 가져온 것으로 생각 된다. 추후 적혈구내 구조변화를 관찰할 수 있는 투사전자현미경적 관찰이 추가적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## VI. 결 론

본 연구의 목적은 트레드밀 최대운동 시 혈중 무산소성 역치 수준, 적혈구와 헤모글로빈 수준 및 적혈구 침강속도, 적혈구의 형태에 미치는 영향을 규명하는데 있다. 30명의 피검자들을 2그룹(대학농구선수그룹, 일반대학생그룹)으로 나누어 Bruce protocol을 이용하여 Treadmill에서 all-out시 까지 점증적 최대운동부하를 실시하여 운동 전, 직후, 회복기 30분에 채혈하여 얻은 변인들의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 두 그룹간 절대 최대산소섭취량( $VO_{2max}$  ml/mim), 단위 체중당 최대산소섭취량( $VO_{2max}$  ml/kg  $\cdot$  min<sup>-1</sup>), 무산소성역치시 절대 최대산소섭취량(AT- $VO_2$ ml/mim), 무산소성역치시 단위 체중당 최대산소섭취량(AT-( $VO_2$ ml/kg  $\cdot$  min<sup>-1</sup>), 무산소성역치시 최대산소섭취량과의 비율(AT-% $VO_{2max}$ ), 무산소성역치 심박수(AT-HR beats/min), 운동지속시간(AT-Time), 운동중지시간(AT-out time)은 농구선수 그룹이 유의하게 우수한 것으로 나타났다.
2. 두 그룹 모두 운동 전, 후, 회복기의 혈중 젖산수준은 유의한 차이가 있었고, 농구선수그룹과 일반학생그룹 사이에도 유의한 차이를 나타냈다.
3. 운동 전, 후, 회복기의 두 그룹간 적혈구의 양적평가인 적혈구수와 헤모글로빈 농도에는 두 그룹 모두 유의차를 나타나지 않았다.
4. 운동 전, 후, 회복기의 적혈구 침강속도에서 두 그룹 간에 유의차를 나타냈으며, 그룹 내에도 유의차를 나타냈다.
5. 운동 전, 후, 회복기 시 비정상적(이상) 적혈구 수는 농구선수에 비해 일반학생이 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며, 회복속도는 농구선수가 더 빠른 것으로 나타났다.

결론적으로 농구선수 그룹이 일반학생 그룹보다 무산소성 역치 변인들에서 우수하며, 적혈구의 질적 평가 항목인 침강속도와 비정상적 적혈구는 농구선수가 일반학생에 비해 더 높은 것으로 나타나 농구선수 그룹이 지속적인 트레이닝으로 인한 신체적 스트레스에 대한 생체의 항상성 기전이 효율적인 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 김미숙, 양점홍(2006). 요가와 걷기운동이 유방암 수술 후 항암과 방사선요법 환자의 폐 환기능력, 헤모글로빈 및 혈소판에 미치는 영향. 한국체육학회지, 45(1), 675-685.
- 김병로, 조병훈, 강현식(2001). 운동 강도에 따른 발한성분의 변화. 운동과학, 10(2), 191-198.
- 김상수, 이원재, 주성범(2007). 최대하 운동 후 고온 및 저온 반신침수 적용이 생리적 변인 및 혈중 피로변인에 미치는 영향. 한국체육학회지, 45(6), 523-531.
- 김종오, 김영표, 윤진환, 정일규, 정경훈, 김창주(2003). 복싱경기 시 혈액학적 성분 및 적혈구 형태학적 변화에 미치는 영향. 대한스포츠의학회, 21(2), 138-144.
- 박인해, 윤진환, 정일규, 김영표, 김종오, 지용석, 채정룡(2004). 중학교 레슬링 선수의 단기간 체중 감량이 신체구성과 혈액 성분에 미치는 영향. 발육발달, 12(2), 67-76.
- 위승두, 서영환, 나승희(2001). 지구성 운동과 철분투여 효과. 조선대학교 스포츠과학연구소 12권.
- 윤진환, 지용석, 우도영(2002). 카누선수의 암에르고미터 운동시 혈중 젖산, LDH, CPK 활성 변화. 한국체육교육학회지, 7(1), 70-80.
- 윤진환(1986). 안정시 혈중 Hemoglobin 농도가 운동시 심박수 변화에 미치는 영향. 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
- 정일규, 윤진환(2007). 휴면퍼포먼스와 운동생리학, 대경출판사, 405-407.
- 정일규, 윤진환, 김영표, 정경훈, 김종오, 변재중(2004). 8km 달리기 경기 후 적혈구 용혈의 혈중 지표와 적혈구의 형태적 변화. 발육발달, 12(1), 71-78.
- 정일규(1997). 최신운동영양학. 도서출판 대경, 364-365.
- 정해량, 문현경, 송범호, 김미경(1991). 빈혈판정치표로서의 헤모글로빈, 헤마토크릿

- 및 혈청페리틴. 한국영양학회지, 1(1), 450-457.
- 진영수(1998). 운동양식에 따른 T림프구와 자연 살해 세포의 급성반응:AT 시점을 기준으로 나타나는 면역반응역치에 관한 연구. 대한스포츠의학회지, 16(2), 22-29.
- 진영수, 전태원, 김의수, 정성태(1992). 운동 강도와 운동지속시간이 인체의 면역반응에 미치는 영향. 한국체육학회지, 10(1), 53-62.
- 한중우, 정동식(1997). 엘리트 여자농구선수의 경기 중 혈중 젖산과 글루코스의 변화. 한국영양학회지, 1(1), 69-86.
- 홍 룡(2001). 레슬링 선수들의 장기간 체중 감량이 혈액성분, 면역세포 및 운동능력에 미치는 영향과 철 투여의 효과. 한국체육학회지, 40(2), 777-789.
- ACSM. (2006). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th Edition*. Baltimore : Willams & Wilkins.
- Albert, N. R. (1965). Lactate production and removal and regulation of metabolism, *ANN. N. Y. Acad. Sci.*, 119, 955-1012.
- Alves, M. N., Ferrari-Auarek, W. M., Pinto, K. M., Sa, K. R., Viveiros, J. P., Pereira, H. A., Ribeiro, A. M., & Rodrigues, L. O. (1995). Effect of caffeine and tryptophan on rectal temperature, metabolism, total exercise time, rate of perceived exertion and heart rate. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 28(6), 705-709.
- Beam, W. C. & Merrill, T. L. (1994). Analysis of heart rates recorded during female collegiate basketball, *Med. Sci. Spor. Exer.*, 26, 66-73.
- Bergin, J. J. (1985). Evaluation of anemia. *Postgrad Med.*, 77, 253-269.
- Blalock, J. E. (1994). The synaps of immunenero endocrine communication. *Immunology Today*, 15(3), 504-505.
- Bosequet, L., Lefer, L. & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic

endurance. *Sports Medicine*, 32, 675~700.

Brain, S. M. (1974). An Evolution of the Relative Merits of the Wintrobe and Westergren Sedimentation Methods Including Hematocrite Correction. *A. JCV*, 62, 502-510.

Brooks, G. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine Science and Sports Exercise*, 17, 22-34.

Brooks, G. A., & Gaesser, G. A. (1980). End points of lactate & glucose metabolism after exhausting exercise. *Journal of Applied Physiology*, 49, 1057-1069.

Brotherhood, J., Brozovic, B., & Pugh, L. G. (1975). Hemotological status of middle and long distance runners. *Clin. Sci. Mol. Med.*, 48, 139-145.

Caiozzo, V. J. (1982). A Compariasion of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*. 48(3), 523-527.

Cannon, J. G. (1993). Exercise and resistance to infection. *J. Appl. Physiol.*, 74(3), 973-981.

Casal, D. C., & Leon, A. S. (1985). Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 174-179.

Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P. & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental & Exercise Physiology*. 52(4), 869-873.

Courneya, K. S., Friedenreich, C. M. (1999). Physical exercise and quality of life following cancer diagnosis: a literature review. *Ann. Behav. Med.*, 2(212), 171-179. Review.

Costil, D. L. (1974). fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med. Sci. Sports*, 5, 248-525.

- Davia, J. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine Science and Sports Exercise*, 17, 6-8.
- Davia, J. A., Frank, M. H., Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1979). Anaerobic threshold after action consequent to endurance training in middle-aged men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 11, 96-97.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17, 6-8.
- Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J., & Curtz, P. (1976). Anaerobic threshold maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.*, 41, 544-550.
- Dempsey, J. A., Hanson, P., & Henderson, K. (1984). Exercise induced arterial hypoxia in healthy humans at sea-level. *J. Physiol. (London)*, 355, 161-175.
- Dodd, S. L., Herb, R. A., & Powers, S. K. (1993). Caffeine and exercise performance. *An. update. Sports Med.*, 15, 14-23.
- Donovan, C. N., & Brooks, G. A. (1983). Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *American. Journal of Physiology*, 244, 83-92.
- Ernst, E. (1990). Erythrocyte sedimentation rate history and importance today. *Acata. Med. Austriaca.*, 17, 65-67.
- Fahraeus, R. (1929). The suspension stability in the blood. *Physiol. Rev.*, 9, 241-274.
- Fox, E. L. & Mathews, D. K. (1981). *The physiological Basis of physical Education and Athletics*. Saunders College publishing.
- Fujitsuka, N., Yamamoto, T., Ohkuwa, T., Saito, M., Miyamura, M. (1982). Peak blood lactate after short periods of maximal treadmill running. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 48(3), 289-296.



- George, T. R., & Saad, B. B. (1985). Red blood cell width index in some hematologic diseases. *Am. J. Clin. Pathol.*, 83, 222.
- Gibson, H., Edwards, R. H. (1985). Muscular exercise and fatigue. *Sports Med.*, 2(2), 120-132.
- Gleeson, L. A., Almey, A. H., Brooks, M. A., Cave, E. N., Lewis, L. A., & Griffiths, F. D. (1995). Haematological and acute-phase response associated with delayed onset muscle soreness in humans, *European Journal of Applied Physiology*, 71(2), 137-142.
- Gollnick, P. D., Bayly, W. M., & Hodgson, D. R. (1986). Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18(3), 334-340.
- Goncagul, H., Meral, D., Onder, P., Ayegul, E., Adnan, I., Guner, S. & Suha, Y. (1997). The functional assessment of autotransplanted splenic tissue by its capacity to remove oxidatively modified erythrocytes. *Clinic. Chimica. Acta.*, 258(2), 201-208.
- Gray, A. B., Telford, R. D., Collins, M., & Weidemann, M. J. (1993). The response of leukocyte subsets and plasma hormones to interval exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25(2), 186-190.
- Guyton, A. (1991). *Textbook of Medical Physiology*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, 390.
- Hagberg, J. H. (1984). Physiological implications of lactate threshold. *Int. J. Sports Med.*, 5, 106-109.
- Haklar, G., Demirel, M., Peker, O., Eskitürk, A., Isgor, A., Soyletir, G., & Yalcin, A. S. (1997). The functional assessment of autotransplanted splenic tissue by its capacity to remove oxidatively modified erythrocytes. *Clin. Chim. Acta.*, 258(2), 201-208.
- Hermansen, L. & Stensvold, I. (1972). Production and removal of lactate during exercise in man. *Physiol. Scand.*, 86, 191-201.

- Hermansen, L., & Osnees, J. B. (1988). Blood and pH on pHi and lactic acid generation in exhaustive forearm exercise, *Am. J. of Physiol.* 255(24), 479-485.
- Houdijk, H., Heijinsdijk, E. A., de Koning, J. J., de Groot, G., & Bobbert, M. F. (2000). Physiological responses that account for out put in speed skating aging klapskates. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 4-5.
- Howley, ET., & Franks, B. D. (1991). Effect of training on plasma enzyme levels in man. *Journal of Applied Physiology*, 31.
- Huang, W. S., Lee, M. S., Perng, H. W., Yang, S. P., Kuo, S. W., & Chang, H. D. (2002). Circulating brain natriuretic peptide values in healthy men before and after exercise. *Metabolism*, 51(11), 1423-1432.
- International Council for Standization in Hematology(ICSH). (1993). Recomenations for measurment of erythrocyte sedimentation rate. *J. Cli. Pathol.*, 46, 198~203.
- Ivy, J. L., Costill, D. L., Fink, W. J., & Lower, R. W. (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 11(1), 6-11.
- Jacobs, I. (1986)Blood lactate Implications for training and sports performance. *Sports Med.*, 3, 10-25.
- Jaime, T. M., & Paula, K. D. (2002). *Heinz body anemia in cats*. Class of 2002 & Department of Pathology, College of Veterinary Medicine, The University of Georgia, Athens, GA 30602-7388.
- Janssen, P. (1978). *Training Lactate Pulse Rate*, Polar Electro Oy.
- Jenkins, R. R., & Goldfarb, A. (1993). Introduction oxidant stress, aging and exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25(2), 210.
- Jones, N. L, & Kane J. W. (1979). Quality control of exercise test measurements. *Med. Sci. Sports Exer.*, 1, 368-372.

- Kajiser, L. (1970). Limiting factors for aerobic muscle performance. The influence of varying oxygen pressure and temperature. *Acta. Physiol. Scand. Suppl.*, 346, 1-96.
- Karlsson, J., & Saltin, B. (1970). Lactate, ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. *J. Appl. Physiol.*, 29(5), 596-602.
- Kaufman, J. C., Harris, J., & Maisel, A. S. (1994). Exercise-induced enhancement of immune function in the rat. *J. Sports Sci.*, 90, 525-532.
- Kernick, D. (1973). Experiment on rouleaux formation. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 51, 690-699.
- Kerr, F. B. (1968). *An investigation of the relationship between the cardiac cost during a basketball skills*, Unpublished Masters Thesis, University of North Carolina at Greensboro.
- Keul, J., Simon G., Berg, A., Dickhuth, H. H., Goerttler, I. & Kuebel, R. (1979). Die Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung and Training angestaltung. *Deutsch. Z. Fuer Sportmedizin*, 7, 212-218.
- Killick, E. M., & Marchant, J. V. (1965). The effect of barbiturates on the resuscitation of dogs from severe acute CO poisoning. *J. Physiol.*, 180(1), 80-95.
- Koepke, J. A. (1971). A survey of erythrocyte sedimentation rate and methodology. *Lab. Med.*, 1, 36.
- Lawrence, C. (1986). Erythrocyte sedimentation rate during steady state and painful crisis in sickle cell anemia. *Am. J. Med.*, 81, 801-808.
- MacDougall, J. D. (1977). The anaerobic threshold: Its significance for the endurance athlete. *Can. J. Appl. Sport Sci.*, 2, 137-140.
- Mackinnon, L. T., & Jenkins, A. L. (1993). Decreased salivary immunoglobulines after intense interval exercise before and after training. *Medicine and science in Sports Exercise*, 25(6), 678-683.
- MacLaren, D. P., Gibson, H., Parry-Billings M, & Edwards, R. H. (1989). A

review of metabolism and physiological factors on fatigue. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 17, 29-66.

Mathews D. K., & Fok, E. L. (1971). *The physiological basis of physical education and athletics*. Philadelphia Saunders.

Mazzeo, R. S., Brooks, G. A., Schoeller, D. A., & Budinger, T. F. (1986). Disposal of blood lactate in human during rest and exercise. *Journal of Applied Physiology*, 60, 232-242.

McArdle, W. D. Magel, J. R. & Kyvalls, L. C. (1971). Aerobic capacity, heart rate and estimated energy cost and during women's competitive basketball. *Res. Quar.*, 42, 178-186.

Mickelson, T. C. & Hegarman. F. C. (1982). Anaerobic threshold measurements of elite oarsman. *Med. Sci. Sports*. 14(6), 440-444.

Nattie, E. (1990). The alaphast at hypothesis in respiratory control and acid-base balance. *Journal of Applied Physiology* 69, 1201-1207.

Ndon, J. A., Snyder, A. C., Foster, C., & Wehrenberg, W. B. (1992). Effects of chronic intense exercise training on the leucocyte response to acute exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 29(4), 289-296.

Nehlsen, S. L., Nieman, D. C., Jessen, J., Chang, L., & Ashley, E. (1991). The effect of acute moderate exercise on lymphocyte function & serum immunoglobulin levels. *International Journal of Sports Medicine*, 12(3), 391-398.

Neufer, P. D., Costill, D. L., Fielding, R. A., Flynn, M. G., & Kirman, J. P. (1987). Effect of reduced training on muscular and endurance in competitive swimmers. *Med. Sci. Spoets Exerc.*, 19, 486-490.

Nieman, D. C., Brendle, D., Henson, D. A., Suttle, J., Cook, V. D., Warren, B.

- J., Butterworth, D. E., Fagoada, O. R., & Nehsen, D. E. (1995). Immune function in athletes versus nonathletes. *Int. J. Sports Med.*, 16(5), 329-333.
- Nieman, D. C., & Nehlsen, S. I. (1998). Immune response to exercise training and/or energy restriction in obese woman. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30(5), 679-686.
- Pedersen, B. K., Tvede, N., & Christensen, L. D. (1989). Natural killer cell activity in peripheral blood of highly trained and untrained persons. *Int. J. Sport Med.*, 10, 129-131.
- Pederson, B. K., Tvede, N. G., & Christense, L. D. (1989). Natural killer cell activity in peripheral blood of highly trained and untrained persons. *Int. J. Sports Med.*, 10(2), 129-131.
- Ramsey, J. D., Ayoub, M. M., Dud, R. A., & Edgar, H. S. (1970). Heart rate recovery during a college basketball match-play, *Res. Qur. Exer. Spor.*, 41, 528-535.
- Reid, M. R., Drummond, P. D., & Mackinnon, L. T. (2001). The effect of moderate aerobic exercise and relaxation on secretory immunoglobulin A, *International Journal of Sports Medicine*, 22(2), 132-137.
- Reinhard, U., Muller, P. H., & Schmulling, R. M. (1979). Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration*, 38, 36-42.
- Roth, D. A., & Brooks, G. A. (1990). Lactate transport is mediated by a membrane bound carrier in rat skeletal muscle sarcolemmal vesicles. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 89, 377-385.
- Sahlin, K. (1978). Intracellular pH and energy metabolism in skeletal muscle of

man with special reference to exercise. *Acta. Physiol. Scand. Suppl.*, 455, 1-56.

Sahlin, K. (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation, *Acta. Physiol. Scand.*, 128(556), 83-91.

Schmidt, W., Maassen, N., Tegtbur, U., & Braumann, K. M. (1989). Changes in plasma volume and red cell formation after a marathon competition. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 58, 453-358.

Sever, Y., Brenner, I., Sh, P., & Shephard, R. J. (1995). Effects of heat intermittent exercise on leucocyte and subpopulation cell counts, *Med. Sci. Sports Exerc*, 27(3), 174-176.

Sharp, N. C., & Koutedakis, Y. (1992). Sport and the overtraining syndrome: immunological aspects. *Br. Med. Bull.*, 48(3), 518-533. Review.

Shek, P. N., Sabiston, B. H., Buguet, A., & Radomski, M. W. (1995). Strenuous exercise and immunological changes: a multiple-time-point analysis of leukocyte subsets, CD4/CD8 ratio, immunoglobulin production and NK cell response. *Int. J. Sports Med.*, 16(7), 466-474.

Skinner, J. S., & McLellan, T. H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise Sports*. 51(1), 234-248.

Smith, T. A., & Pyne, D. B. (1997). Exercise training and neutrophil function. *Exercise Immunology Review*, 3(4), 96-117.

Spriet, L. L., MacLean, D. A., Dyck, D. J., Hultman, E., Cederblad, G., & Graham, T. E. (1992). Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *Am. J. Physiol.*, 262, 891-898.

Susanna, E., Bedell, M. D., Booker, T., & Bush, M. D. (1985). Erythrocyte sedimentation rate from folklore to facts. *Am. J. Med.*, 1001-1008.

Tamayo, M. (1984). The wingate anaerobic power test peak blood lactate and

maximal oxygen debt in elite volley players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 126-134.

Tharp, C. D., & Barnes, M. W. (1990). Reduction of salivary immunoglobulin levels by swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 60(6), 61-64.

Trevisanuto, D., Cantaruti, F., & Zanardo, V. (1992). The micro-ESR with the capillary tube inclined to 45 degrees in the "sepsis screen" of neonatal infection due to beta-hemolytic B-group Streptococcus. *Pediatr-Med Chir.* 14, 507-508.

Verde, T. J., Scott, G., Thomas, R. W., Moore, P. S., & Roy, J. (1992). Immune responses and increased training of the elite athlete. *J. Appl. Physiol.*, 73(4), 1494-1499.

Vidal, Melo, M. F., Barazzanji, K., Winga, E. & Jognson, R. L. (2004). Estimate of pulmonary diffusing capacity for oxygen during exercise in humans from routine O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> measurements. *Clinical Physiology Imaging*, 24, 46-57.

Wasserman, K. (1984). The anaerobic threshold measurements to evaluate exercise performance. *American Review of Respiratory Disease*, 129, 35-40.

Wasserman, K., Whipp, B. J., & Koyal, S. N. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35, 236-243.

Webb, C. B., Twedt, D. C., Fettman, M. J., & Mason, G. (2003). S-adenosylmethionine (SAME) in a felin acetaminophen model of oxidative injury. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 5(2), 69-75.

William, B., & Wartman, M. C. (1993). Effect of room temperature of sedimentation of blood cells of man. *Am. J. Med. Sci.*, 212, 207-210.

Wilmore, J. H., & Costill, D. H. (2004). *Physiology of Sport and exercise*, 3rd Edition. Human kinetic Publish, Champaign, IL.

Yamato, O., Hayashi, M., Kasai, E., Tajima, M., Yamasaki, M., & Maede, Y. (1999). Reduced glutathione accelerates the oxidative damage produced by sodium n-propylthiosulfate, one of the causative agents of onion-induced hemolytic anemia in dogs. *Biochem. Biophys. Acta*, 19(1427-2), 175-182.