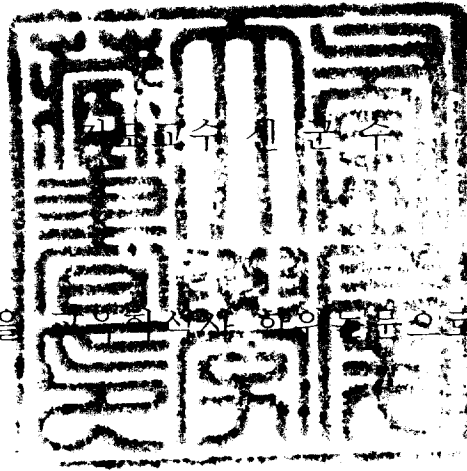


교육학석사 학위논문

비타민 C·B복합제 섭취가 조정선수의
혈청 효소 활성도와 혈중 스트레스
호르몬에 미치는 영향



이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함

2005년 8월

부경대학교 교육대학원

체육교육전공

김진환

김진환의 교육학석사 학위논문을 인준함

2005년 8월 31일

주 심 이학박사 박 형 하 (인)

위 원 이학박사 신 군 수 (인)

위 원 이학박사 김 용 재 (인)

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	7
3. 연구의 문제	7
4. 연구의 제한점	8
5. 용어의 정의	8
II. 이론적 배경	10
1. 운동과 혈청 효소	10
1) 운동과 LDH	10
2) 운동과 CPK	11
2. 운동과 스트레스 호르몬	13
1) 스트레스 호르몬	13
2) 운동과 스트레스 호르몬	14
3) 운동과 cortisol	15
4) 운동과 catecholamine	17
3. 비타민과 운동	19
1) 비타민 C	19
2) 비오틴	21
3) 나이아신(니코틴산아미드)	22
4) 운동과 비타민	23

III. 연구 방법	25
1. 연구대상	25
2. 실험 방법	26
1) 실험 설계	26
2) 비타민 C · B복합제 섭취 방법	27
3) 혈액 채취 및 분석방법	27
4) 트레이닝 운동 프로그램	29
3. 자료분석	32
IV. 연구결과	33
1. 혈청 효소 활성도의 변화	33
1) LDH의 변화	33
2) CPK의 변화	35
2. 스트레스 호르몬의 변화	37
1) Cortisol의 변화	37
2) Epinephrine의 변화	39
3) Norepinephrine의 변화	40
V. 논의	43
1. 운동과 혈청효소 활성화도	43
2. 운동과 스트레스 호르몬 변화	46
VI. 결론	50
참고문헌	52

표 목 차

표 1. 피험자들의 신체적 특성	25
표 2. 1~2 주간 트레이닝 프로그램	30
표 3. 3~6 주간 트레이닝 프로그램	31
표 4. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈청효소 활성도 변화	33
표 5. 6주간 비타민 섭취 후 보정된 LDH의 비교	33
표 6. 6주간 비타민 섭취 전·후의 LDH 공변량분석 결과	34
표 7. 6주간 비타민 섭취 후 보정된 CPK의 비교	35
표 8. 6주간 비타민 섭취 전·후의 CPK 공변량분석 결과	36
표 9. 6주간 비타민 섭취 전·후의 스트레스 호르몬의 변화	37
표 10. 6주간 비타민 섭취 전·후의 cortisol 농도의 비교	37
표 11. 6주간 비타민 섭취 전·후의 cortisol 농도의 공변량 분석 결과	38
표 12. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈중 epinephrine 농도의 비교	39
표 13. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈중 epinephrine 농도의 공변량 분석 결과	39
표 14. 6주간 비타민 섭취 전·후의 norepinephrine 농도의 비교	40
표 15. 6주간 비타민 섭취 전·후의 norepinephrine 농도의 공변량 분석 결과	41

그림 목 차

그림 1. 연구의 실험 설계	26
그림 2. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈청 LDH 활성도의 변화	35
그림 3. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈청 CPK의 변화	36
그림 4. 6주간 비타민 섭취 전·후의 cortisol 농도의 변화	38
그림 5. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈중 epinephrine 농도의 변화	40
그림 6. 6주간 비타민 섭취 전·후의 norepinephrine 농도의 변화	42

The Effects on Serum Enzymes Activity and Blood Stress Hormones of Vitamin
C · B Complex Intake and Training in Rowers

Jin Hwan Kim

Graduate School of Education

Pukyong National University

Abstract

The purpose of the present investigation was to evaluate the effects of 6 weeks vitamin intake on serum enzymes activity and blood stress hormones concentration during high-intensity rowing training in male university rowers.

A total of 12 male rower were recruited for this study. The subjects were randomly and evenly divided into a supplemented group(SG) and a control group(CG). The supplementation consisted of capsules containing 2,400mg of vitamin C · B complex (ascorbic acid 16mg, biotin 10.0ug and nicotinic acid 5.0mgNE per 2 capsules 800mg, AX-1, SBT, Co.). Venous blood samples(10cc) were obtained pre-exercise and post-exercise with vitamin complex supplementation for 6 weeks. Serum enzymes activity were determined by enzymatic method and IFCC method, and blood stress hormones concentration were determined by RIA and secondary antibody method.

Each subject performed 6 hours (AM 3 hours & PM 3 hours/day, 6days/wk, 6 weeks) rowing training program (gymnastics, running, power weight & power circuit, hill running, swimming, cross-country and climbing etc.; HR range 140~180beats/min) in sports complex and rowing fields.

The results were expressed as mean±standard deviation(SD) by using SPSS/PC⁺ (version 10.0) program, and the comparison of two groups

(differences between groups and within group) were tested by t-test and ANCOVA with independent variables of period and group. The predetermined level of significance for the study was $p \leq .05$.

This investigation made the intensive-camp training rowers supplement the vitamin C · B complex. This study has two purposes: One is to compare and analyze the LDH and CPK activity changes before and after intaking it. The other is to look into the effect of intaking vitamin on the concentration of cortisol and catecholamine which are a kind of stress hormone in blood. The results of this study are as follows.

1. The vitamin supplementation group showed the slight and statistically significant increase in LDH activity (from 175.40 ± 32.14 to 206.60 ± 40.90 IU/L, $P < .01$). The group which didn't supplement vitamin showed the slight and statistically significant increase in LDH activity (from 159.33 ± 39.58 to 186.17 ± 41.80 IU/L, $P < .01$). No significant differences were observed between two groups in the revised mean distinction where the figures before the test are covariance.
- 2 The vitamin supplementation group showed the statistically significant increase in CPK activity (from 184.40 ± 89.14 to 416.20 ± 182.24 IU/L, $P < .05$). The group which didn't supplement vitamin showed the statistically significant increase in CPK activity (from 156.33 ± 59.24 to 335.50 ± 130.70 IU/L, $P < .05$). No significant differences were observed between two groups in the revised mean distinction where the figures before the test are covariance.
3. The vitamin supplementation group showed the slight decrease in the change of cortisol concentration (from 18.03 ± 2.29 to 17.79 ± 3.89 ug/dl). There was no statistically significant difference. The group which didn't supplement vitamin showed the slight decrease in the change of cortisol concentration (from 26.95 ± 8.77 to 18.26 ± 3.23 ug/dl). There was no statistically significant difference. No significant differences were observed between two groups in the revised mean distinction where the figures before the test are covariance.
4. The vitamin supplementation group showed the decrease in the change of epinephrine concentration (from 49.60 ± 33.86 to 26.00 ± 23.60 pg/ml). There was no statistically significant difference. The group which didn't supplement vitamin

showed the slight decrease in the change of epinephrine concentration (from 51.17 ± 20.65 to 42.50 ± 34.12 pg/ml). There was no statistically significant difference. No significant differences were observed between two groups in the revised mean distinction where the figures before the test are covariance.

5. The vitamin supplementation group showed the increase in the change of norepinephrine concentration (from 125.80 ± 89.34 to 200.40 ± 110.83 pg/ml). There was no statistically significant difference. The group which didn't supplement vitamin showed the statistically significant increase in the change of norepinephrine concentration (from 105.00 ± 50.5 to 270.50 ± 148.87 pg/ml, $P < .01$). No significant differences were observed between two groups in the revised mean distinction where the figures before the test are covariance.

I. 서론

1. 연구의 필요성

유·무산소성 에너지 시스템에서 해당 및 산화계에 관련된 효소 활성도는 다양하게 보고되고 있으며, 이들 효소 활성도는 각기 독특한 특성을 지니고 있으므로 각종 스포츠 상황에서 야기되는 생체의 스트레스, 유·무산소성 에너지 시스템에 대한 에너지 동원형태 및 근섬유 동원양상을 평가할 수 있는 중요한 지표로 활용되고 있다. 특히 LDH(lactate dehydrogenase)는 무산소 해당계에 의해 ATP를 생성하는 필수 효소로서 무산소성 해당의 최종단계에서 초성포도산을 이용하여 NADH(nicotinamide adenine dinucleotide phosphate)를 산화하고 NAD(nicotinamide adenine dinucleotide)를 생산하는 즉, 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 중요한 역할을 하고 있기 때문에 LDH의 변화에 관한 연구가 운동과의 관계에서 많은 관심을 일으키고 있다(최대원, 정성환, 2000).

최근의 연구에서 Cartee(1994)는 전신지구력 훈련은 늑은 쥐와 인간에게 PFK 또는 phosphorylase의 변화 없이도 혈청 LDH 활성의 감소를 보고하였고, Power 등(1992)은 암컷 쥐(Fisher 344)의 족저근에서 주령에 따른 조직 LDH 활성도는 변화가 없음을 보고하였다.

대부분의 연구결과가 시사하는 것은 안정시 근 LDH 활성도는 무산소성 트레이닝으로서 감소된다는 것을 의미하는 것이다. 근과 혈액에서의 효소 활성도는 유전적인 요인과 연구자들의 실시한 훈련 방법 및 수행한 운동강도, 운동기간에 의해서 뿐만 아니라 효소의 분석방법 및 동원되는 피검자

의 특성에 따라서도 다양한 변화를 나타내는 것으로 보고되고 있다.

Apple(1992)은 장거리 달리기 선수를 대상으로 지구력 훈련에 따른 CPK(creatine phosphokinase) 활성화도 연구에서 운동 중 조직 CPK 활성화도는 골격근에서 혈액으로 지속적으로 방출된다고 보고하였으며, Komulainen, Johanna, & Vihko(1994)는 18주령된 쥐를 대상으로 트레드밀에서 달리기 운동을 실시한 결과 혈청 CPK 활성화는 근수분함량이나 β -glucuronidase 활성화와는 관련이 없는 것으로 보고하였다. 특히 LDH(lactate dehydrogenase) 및 CPK(creatine phosphokinase)의 경우 운동과 에너지 생산 과정에서 무산소 운동 능력과 관련하여 혈중 젖산 농도에 따라 젖산 생성을 촉진시키는 단시간의 격렬한 운동시에 현저하게 변화된다고 한다. 또한 장기간의 유산소 운동에 단련된 중년 여성들의 경우 활동근 내의 LDH 및 CPK 효소의 활성화도가 증가되어 에너지 대사과정을 발달시키고 효소 활성화의 증가에 의한 에너지 대사의 향진으로 신체활동에 필요한 에너지 공급을 효율적이고 원활하게 증대시킨다고 보고하고 있다 (Gollnick & Elliot, 1986).

CPK 활성화도의 변화는 무산소성 운동뿐 아니라 유산소성 운동에 의해서도 증가하고 골격근의 CPK 활성화와 마찬가지로 혈청 CPK 활성화도 운동에 의해 증가하며(Lijnen 등, 1986), 훈련된 선수들이 훈련되지 않은 사람보다 안정시 총 CPK 활성화도가 높고 비선수군에서 최대운동 직후 효소 활성화도가 높게 증가한다(Roti 등, 1981).

운동수행에 의한 혈중 CPK 활성화도의 변화는 운동강도, 운동지속시간 및 운동형태뿐만 아니라 인종, 성, 연령 및 트레이닝 정도에 영향을 받는다고 하였다(현송자, 1990; 이귀녕, 이종순, 1996). 따라서 이러한 효소의 분석을 통하여 운동강도와 지속시간 그리고 운동형태 등의 운동자극이 CPK에 어떤 영향을 미치는가를 추정할 수 있을 것이다.

트레이닝에 의한 혈청 LDH의 안정치에 영향은 그다지 없다고 하는 보고도 있다. 그러나 트레이닝량이 많고 혈청 CPK의 안정치가 현저하게 상승하는 경우에는 일반적으로 혈청 LDH의 안정치도 상승한다. 이러한 선행연구를 살펴보면, 비단련자와 단련자의 LDH 변화에 관한 연구(Roti 등, 1981; 최은택, 조성봉, 1994)에서는 비단련자는 단련자에 비해 운동 중 더 낮은 효소 활성도를 보인다. 운동 중 LDH 효소 활성치는 운동 스트레스로 인해 증가되는데, 이는 근조직 내 ATP, glycogen 등 기질의 부족현상으로 인한 근조직 세포막의 손상을 통해 효소 유출이 증대되거나(Hansen 등, 1982), 운동으로 인한 세포의 저산소 상태에 의해 근세포막의 투과정이 증대되거나 유리산소기(free O₂ radical)의 증가로 세포막의 손상에 의해 효소 누출이 증가되기 때문으로 설명되고 있다(Stansbie 등, 1983).

장기간의 훈련은 에너지원의 효율적 이용, 미토콘드리아의 수와 크기 증가 그리고 산화효소의 현저한 활성도 증가 등 인체내 다양한 생화학적인 변화를 가져오게 된다. 이 중 효소는 인체의 생화학적 반응을 보다 원활하게 진행시키는 촉매 역할을 하는 물질로서, Guezennec 등(1986), Roti 등(1981)은 운동시에 나타나는 효소의 변화로 체력을 평가하는 생화학적 지표로 제안하였다. 이러한 제안은 효소가 운동에 대한 신체의 저항력을 신속하게 나타냄으로써 체력과 운동의 효과를 알 수 있는 지표로서 활용될 수 있다(김원천, 1996)는 것을 시사한다.

CPK는 골격근에 많이 존재하는 효소로서 운동에 대한 변동이 클 뿐만 아니라 운동강도와 시간, 훈련량과 밀접한 관련이 있어 운동시 생화학적인 지표로서 가장 많이 측정되는 비혈장 특이성 효소이다. 이와 더불어 해당과정의 산화환원 효소인 젖산탈수소효소(LDH: lactate dehydrogenase)는 젖산의 형성과 전환을 조절(Everse & Kaplan, 1975)하며, 초성포도산을 환원하여 젖산을 생성(Murry 등, 1990)하는 역할을 한다. 특히 CPK와

LDH는 무산소성 운동뿐만 아니라 유산소성 운동에 의해서도 증가하고 (Roti 등, 1981), 훈련 정도에 따라서도 활성도에 영향(Wilmore & Costill, 1988)을 받는 것으로 알려져 있다. Ohkuwa와 Miyamura(1986)은 CPK와 더불어 비혈장 특이성 효소들이 무산소성 대사과정의 활성도를 알 수 있는 지표로 이용된다고 보고하였으며, Guezennec 등(1986)과 Roti 등(1981)은 운동시에 나타나는 효소의 변화로 체력을 평가하는 생화학적인 지표로 제안하였다. 반면 Sanders와 Bloor(1975)는 이들 효소가 운동시 인체에 가해지는 스트레스를 평가할 수 있는 지표라고 주장하였으며, Jennifer와 Jeffrey(2001)과 Itoh 등(2000)은 CPK 및 LDH의 혈중 활성도 증가는 곧 조직의 손상을 추측할 수 있다고 제시하였다.

한편, 운동선수들의 피로회복과 수행력을 향상시키기 위한 영양보조물로 사용되는 비타민 중 비타민 B는 에너지 생산 반응에 결정적인 역할을 하고 있다. 그래서 비타민 B는 선수와 코치들의 관심의 대상이다. 지구력은 계속적인 에너지 생산에 좌우되므로 만일 비타민 B복합제가 부족하다면 지구력이 저하된다(Haymes, 1983). thiamine(B1), riboflavin(B2)을 대상으로 한 연구들에서 어떤 연구는 선수들이 일반인보다 더 많은 양이 필요하다고 제시하였으나(Belko 등, 1983), 다른 연구들에서는 그러한 결론을 뒷받침할 수 없었다(Tremblay 등, 1984). 신체훈련을 지속적으로 실시하는 선수들에게는 계속적으로 스트레스를 받고 있는 상황이므로 비타민 C보충제가 유용할 것으로 생각되고 있다. 비타민 C는 수용성이므로 많은 양을 복용하더라도 중독현상이 일어날 가능성이 없기 때문에 많은 사람들이 선수들의 비타민 C보충제의 이용을 지지하였다. 트레이닝 기간 동안에는 에너지 소모가 증가되는 것 외에도 많은 양의 신체 수분이 땀으로 손실된다. 비타민 C·B복합제는 물에 녹기 때문에 땀의 분비 증가는 비타민 손실의 증가를 의미한다. 비타민에 대한 최근의 연구를 살펴보면, Kirksey(1992)는

젊은 성인여성을 대상으로 단기간의 피리독신의 섭취가 아미노산의 농도에 미치는 영향을 보고하였으며, Lau-Cam(1991)은 피리독신에 의한 카테콜아민 분비가 쥐의 작용 메커니즘에 미치는 영향을 연구하였다. 또한 Virk 등(1999)은 남성을 대상으로 운동하는 동안 수용성 비타민과 피리독신의 보충연료, 카테콜아민, 아미노산의 작용에 미치는 영향에 대하여 연구되어지고 있다.

운동을 통한 신체적 자극은 체내에서 항상성을 유지하기 위해 각종 신체조직 및 기관에서 다양한 호르몬과 신호전달 기능을 담당하는 신경전달물질(neurotransmitter)이 작용한다. 운동에 대한 호르몬의 반응은 간에서 당원신생과정과 글리코겐 분해과정을 촉진시켜 혈액으로 포도당을 방출시키고 지방조직에서 지방 분해과정을 촉진시켜 유리지방산을 혈액으로 방출시켜 근육내서 필요로 하는 에너지를 공급한다(Felig, 1983).

신경전달물질 중 카테콜아민(catecholamine)은 교감신경의 말단과 부신수질의 과립이나 액낭에서 생성되어 신체활동에 의한 교감신경계의 활성화로 분비가 증가되며, 심혈관계에 작용하여 심박출량, 심근수축력, 심박동수, 근육 및 심장의 혈관을 확장시키는데 관여하고 대사작용에 참여하여 간과 근육의 당원, 지질분해 등 운동시 에너지 동원에 관여한다(Hartman 등, 1992).

운동 강도의 차이나 점증운동으로 인한 인체의 혈장 호르몬의 변화를 보고한 연구들이 있다. Ganong(2001)에 의하면 코티졸(cortisol)은 스트레스를 받는 상태에서 그 양이 증가한다고 하였으며, Galbo(1983)도 운동의 강도가 호르몬에 영향을 미친다고 하였다. Few 등(1980)에 의하면 코티졸의 상승은 한쪽 다리를 사용한 운동에 비해 두 다리를 이용할 때가 감소한다고 보고한 바 있다. 또한 정상적인 수준에서의 코티졸(cortisol)은 스트레스에 대항하여 신체를 돕는 역할을 맡고 있으나, 혈중에서 농도가 증가하게

되면 조직과괴의 원인이 되고, 신체의 부정적인 질소 평형상태를 야기 시키게 된다(오상덕, 1999).

카테콜아민의 혈장 농도나 분비율의 증가는 작업 증가율과 관련성이 있다 (Galbo, 1975). Kirwan 등(1988)에 의하면 안정시 에피네프린과 노르에피네프린의 혈중 수준은 강화된 훈련기간 동안 상승된다고 하였다. 그러나 노르에피네프린의 반응은 에피네프린의 반응보다 일정하게 나타난다고 하였다(Kotchen 등, 1971). 또한 Mason 등(1973)에 의하면 카테콜아민과 같은 호르몬은 잠재적인 스트레스 상황에서 교감신경계의 활성을 바꿀 수 있다고 하였다.

O'Connor 등(1989)은 격렬한 훈련에 의한 수영선수와 비선수들의 코티졸 농도를 검사한 결과 수영선수들은 훈련의 기초단계와 고강도 훈련 모두에서 비교집단보다 높게 나타났으며, 훈련량의 감소기간에는 차이를 발견하지 못하였다고 보고하였다. Hooper 등(1993)도 14명의 수영선수들을 대상으로 6개월 동안 과다훈련을 실시한 후 주관적으로 훈련에 적응한 그룹과 피로한 느낌을 가진 그룹에 대한 검사 결과 두 집단간 코티졸에는 유의한 차이를 나타내지 않았으나 노르에피네프린 농도는 유의한 차이를 나타냈다고 하여 과다훈련의 진단 요인으로 이들 호르몬을 제시하고 있다. Lavoie 등(1983)은 수영선수들의 정규적인 수영훈련은 중등도의 훈련보다 고강도의 훈련이 카테콜아민에 유의한 증가를 가져오며, 코티졸은 반응에는 영향을 미치지 못한다고 하였고 이런 변화는 혈중 글루코스 수준과 직접적인 관계가 있다고 보고하였다. Hooper 등(1993)은 수영훈련에 적응을 잘하는 선수들과 피로한 선수들 사이에 코티졸 농도는 차이가 나타나지 않았으나 노르에피네프린 농도는 유의한 차이가 나타나 과다훈련의 유용한 도구라고 보고하였다. 이처럼 신체훈련과 스트레스 호르몬 반응과의 관계에 대한 전체적인 연구 결과는 일치하지 않으나, 운동강도에 많은 영향을 받으며, 동

인한 절대운동강도에서 단련자가 적게 증가하는 경향을 보인다고 할 수 있다. 이와 같이 운동 중 나타나는 호르몬과 혈청 효소활성도 반응양상은 운동방법과 종류에 따라 다르게 나타나는 경우가 많으며, 그 반응의 생리적 의미 및 장기간 훈련에 따른 적응성 변화 여부에 대해서도 많은 의견들이 있으며 결과가 불일치하고 있다. 특히, 비타민 섭취에 의한 혈청 효소 활성도 및 호르몬 반응의 변화 양상을 다룬 연구는 드문 실정이다.

따라서 비타민 C·B복합제 섭취가 조정선수의 혈청 효소 활성도와 혈중 스트레스 호르몬에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 지금까지의 선행연구들이 상이하게 보고되고 있음을 감안하여, 장기간 훈련에 참가해 온 조정선수들을 대상으로 6주간의 비타민 복합제 섭취와 트레이닝을 실시하여 안정시 혈청 효소 활성도와 혈중 스트레스 호르몬 반응을 비교·분석하는데 그 목적을 두었다.

3. 연구의 문제

본 연구에서 밝히고자 하는 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 비타민 C·B복합제 섭취가 혈청LDH 활성도에 영향을 줄 것이다.
- 2) 비타민 C·B복합제 섭취가 혈청CPK 활성도에 영향을 줄 것이다.
- 3) 비타민 C·B복합제 섭취가 혈중cortisol 농도에 영향을 줄 것이다.

- 4) 비타민 C · B복합제 섭취가 혈중 epinephrine 농도에 영향을 줄 것이다.
- 5) 비타민 C · B복합제 섭취가 혈중 norepinephrine 농도에 영향을 줄 것이다.

4. 연구의 제한점

본 연구를 수행하는데 있어서 제한점은 다음과 같다.

- 1) 연구 대상자의 유전적 특성 및 심리적 차이와 같은 특수성은 고려하지 못했다.
- 2) 연구대상자는 P대학교 조정선수들로 한정하였다.
- 3) 연구대상자들의 평소 생활 습관 등 실험기간 중 실험 이외의 신체적 활동을 통제하지 못했다.
- 4) 연구대상자들의 합숙 훈련 중 섭취하는 음식은 통제하지 않았다.

5. 용어의 정의

- 1) 비타민 C : 아스코르브산염, 항괴혈병 비타민.
- 2) 비오틴(biotin) : 비타민 B 복합제의 구성요소.
- 3) 나이아신(niacin) : Nicotinamide, nicotinic acid, 비타민 B군의 한 종류로 많은 조효소의 중요한 구성요소이며 세포 내에서 유산소성 에너지 생성과정에 필요하다.

- 4) LDH(lactate dehydrogenase) : LDH는 세포의 원형질 내에 존재하면서 피루빈산과 젖산 반응의 촉매 효소로서 무산소 해당 대사의 마지막 단계에서 피루빈산을 젖산으로 환원하기 위해 NADH를 사용한다. LDH는 동일한 기질 특성을 가지면서 서로 다른 분자 구조를 갖는 5개의 동위 효소의 형태로 존재한다.
- 5) CPK(creatine phosphokinase) : CK(creatine kinase)라고도 불리우며 세포 내에서 무산으로 에너지를 생산시킬 수 있는 ATP-PC계 대사에 관여하는 효소로서 조직보다 혈장에 현저히 낮은 농도로 존재한다. 이 효소는 비혈장 특이성 효소로서 크레아틴의 인산화 과정과 ATP의 합성 과정에 있어서 촉매제 역할을 하여 ATP의 고갈을 방지하기도 한다.
- 6) 코티솔(cortisol) : 부신피질 스테로이드 호르몬으로 포도당 신생을 촉진하며, 지방과 수분대사에 작용한다. 근육의 긴장, 신경조직에 영향을 주며, 위의 분비를 촉진한다.
- 7) 에피네프린(epinephrine) : 내장신경자극에 의해서 부신수질로부터 분비되는 호르몬이다. 교감신경계의 강력한 자극 물질로서 혈압을 상승시키고 심근을 자극하며, 심박수와 심박출량을 증가시킨다.
- 8) 노르에피네프린(norepinephrine) : 내장신경 자극에 반응해서 부신수질에서 분비되며, 주로 저혈압에 반응해서 유리된다.

II. 이론적 배경

1. 운동과 혈청 효소

1) 운동과 LDH

해당(glycolysis)에서 글리코젠으로부터 분해된 pyruvic acid은 LDH의 작용에 의해서 최종적으로 유산($C_3H_4C_3$)으로 환원된다. glycolysis에 의한 ATP의 생성은 이 반응에 의해 행해지기 때문에 그 에너지를 glycolysis에 의존하는 수분간의 격렬한 운동시에 이와 같은 LDH의 작용은 중요하게 된다(Lundholm, 1963). 또한 glycolysis에서 생긴 유산은 혈액을 매개로 해서 주로 간장에서 운반되어 그곳에서 LDH의 작용에 의해 pyruvic acid로 산화된다. 산화된 pyruvic acid의 대부분은 간장에서 재차 에너지원으로서 이용 가능한 glycogen으로 재합성되기 때문에 이와 같은 LDH의 작용은 격한 운동 후 많은 유산이 생긴 경우에 중요하다(Dixon & Webb, 1979).

LDH는 pyruvate와 lactate의 반응을 촉매하는 효소로 해당대사의 반응을 촉매하는 효소로써 스포츠 영역에서는 피로 물질인 젖산을 생성하는 반응을 촉매하고 있어, 1970년대 이후부터 혈청 LDH 활성에 대사운동과 관련하여 관심을 갖고 있고(조성채, 1997), 마지막 단계에서 피루브산을 젖산으로 환원하기 위해서 NADH를 사용한다. LDH는 동일한 기질 특성을 가지면서 서로 다른 분자형을 갖는 5개의 동위효소의 형태로 존재하는데, M 소단위와 H 소단위, 즉 2개로 분화되고 2개의 분화가 각각 고유의 LDH 합성을 나타낸다.

LDH와 운동과의 상호반응은 운동의 강도, 운동의 지속시간, 트레이닝 기간 및 질병의 유무에 따라서 많은 차이가 나타나고 있으며(Agnew, 1983), 안정시 혈청 LDH의 활성은 운동선수가 일반인보다 유의하게 높고(현송자, 윤영학, 1992), 장기간 트레이닝은 혈청 LDH에 영향을 주고 있지만 운동선수와 일반인의 안정시 혈청 LDH는 변화가 없다고 하였다(King 등, 1976). LDH는 근육형(M-type)과 심장형(H-type)의 2가지 subunits가 5가지 서로 다른 방법의 조성으로 각기 서로 다른 특성을 가지는 5가지의 LDH 동위 효소로 구성되며, 심근에는 주로 M 소단위로 이루어지고 상대적으로 유산소적 해당에 관여하는 속성을 지닌 LDH1과 LDH2가 많이 있고, 간이나 근육에는 무산소적 해당에 관여하는 H 소단위로 된 LDH4와 LDH5가 많이 존재한다(Lehninger, 1982).

신길수 등(1990)은 심장 등의 호기적 조직에서도 유산은 LDH의 작용에 의해 pyruvic acid로 산화되는데 이 경우에 산화된 pyruvic acid는 TCA 사이클로 운반되어 유산소적 에너지생성에 기여한다고 보고하고 있다. 한편 Dixon 등(1979)에 의하면 생체 내에서의 LDH isozyme 작용은 지금도 명확하다고 말할 수 없다고 한다. 그러나 LDH5(M형 isozyme)는 주로 골격근의 작용에 유리한 성질을 갖고, LDH1(H형 isozyme)은 신장이나 심장 등에서 작용하여 pyruvic acid이나 유산에 환원되는 것을 억제해 TCA 사이클에 공급되기 쉽게 하는 작용에 유리한 성질을 갖고 있다고 밝히고 있다.

2) 운동과 CPK

CPK는 에너지 저장 기구에 관계되는 ATP + phosphocreatine의 반응을 촉매하는 효소이다. Jone & Swaminathan(1983)에 의하면 CPK는 3개의

서로 다른 isoenzyme 즉, CK-MM, CK-MB, CK-BP가 있는데 골격근 CK는 대부분 CK-MM이며, 심근에서는 CK-MB가 존재하는 것으로 알려져 있다. 혈청 CK 농도는 급성 심근경색증 및 근육질환의 진단에 유용한 자료가 된다고 밝히고 있다. 또한 혈청 CPK는 운동과 관련이 깊은 골격근에 많이 존재하고 있으며 운동에 의한 변동이 크고, 운동의 강도나 시간, 트레이닝의 양과 밀접하게 관련이 있어서 혈청효소 중에서 운동시 가장 많이 측정되는 효소이다(현송자, 1990).

근수축 때 직접 에너지원으로서 사용되는 ATP는 크레아틴 인산과 반응시 CPK의 촉매작용에 의해서 즉시 보충되지만 크레아틴 인산이 소량인 관계로 보충된 ATP의 합성량은 적다고 볼 수 있다. 그러나 곧 ATP를 재합성할 수 있다는 점에서 그 가치는 높고 운동의 개시때와 수초-10초 정도에서 끝날 듯한 운동 때에 이와 같은 CPK의 작용은 중요하게 된다. 또한 운동 후에 CPK는 감소한 크레아틴 인산을 재합성하기 위해서 작용한다.

CPK(or CK)는 CP에서 phosphate를 ADP에 전이시켜 ATP를 생성시키는데 필요한 효소이며 그 가역반응을 촉매하는 효소로써(Lehninger, 1982), 장기중에는 골격근, 심근, 뇌에 특이적으로 존재하며 다른 장기에는 거의 함유되지 않는 점에서 근육이나 뇌질환의 진단지표로 널리 이용되고 있다(이규범, 1995). Hensen 등(1982)은 운동 중 LDH, CPK 등 혈청 효소치는 운동스트레스에 의하여 증가하였는데, 이는 근조직내의 ATP와 glycogen 등 기질의 부족 현상으로 인한 근조직 세포막이 손상을 통해 효소의 유출이 증가되기 때문이라고 하였다. 또한 혈청 CPK는 운동에 의해 변동이 크고, 운동의 강도, 시간 및 training의 양과 밀접한 관계를 가지고 있어 혈청 효소 중에 운동시 제일 많이 측정되는 효소이며, 단련된 운동선수는 일반인에 비하여 안정시의 혈청 CPK는 높다고 하였다(Komulainen 등, 1994).

2. 운동과 스트레스 호르몬

1) 스트레스 호르몬

일반적으로 스트레스 호르몬은 글루코스 유지 및 신혈관계의 항상성에 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Brenner 등, 1997). 그러나 항상성에 대한 역할 말고도, 스트레스성 자극에 노출되었을 때 이러한 호르몬들은 비특이적으로 방출된다. 신체 운동은 강한 자극으로써, 교감신경계 및 시상하부-뇌하수체-부신계(hypothalamus-pituitary-adrenal system: HPA)에 영향을 미칠 수 있다(Francesconi, 1988).

인체가 스트레스에 직면하게 될 때, HPA 축의 내분비 경로와 함께 시상하부-자율신경계-부신수질의 신경 경로가 활성화되어 부신수질에서 epinephrine과 norepinephrine이 분비된다. 이 두 가지 경로는 상호 작용하여 인체의 중요한 스트레스 대응 기제로 작용한다. 신체적·정신적 스트레스로 인해 자율신경계의 교감신경이 자극되면 신경 흥분이 부신수질에 도달하여 부신수질 호르몬인 catecholamine이 방출된다. 또한 HPA 축도 활성화되는데, 이는 혈액 중 순환하는 epinephrine과 norepinephrine이 뇌하수체 전엽을 자극하여 ACTH(부신피질 자극호르몬)의 방출을 가속화함으로써 더욱 활성화된다. ACTH는 혈류를 통해 부신피질에 도달하여 glucocorticoids 특히, cortisol의 합성과 분비를 촉진하게 되며, glucocorticoids의 분비는 negative feedback에 의해 조절된다. 즉, 혈중 glucocorticoids 농도가 목표값 이상으로 증가되면 시상하부로부터의 부신피질 자극호르몬 방출인자(adrenocorticotrophic hormone released factor : CRF)의 형성을 억제하고, 이어서 ACTH 형성을 감소시키게 된다(민현기, 1990).

2) 운동과 스트레스 호르몬

신체는 항상성을 유지하기 위해 여러 가지 생리적인 반응이 일어난다. 특히, 신체의 이러한 호르몬 반응은 격렬한 신체활동, 환경이나 심리적인 압박에 노출이 되었을 때 자극되는데 이는 부신피질 방출호르몬의 방출로 인해 도파민이나 노르에피네프린의 농도가 증가하게 된다. 이러한 자극은 뇌하수체 전엽의 부신피질 세포로부터 부신피질 자극호르몬과 베타 엔돌핀의 방출을 자극한다. 운동자극과 관련된 호르몬인 카테콜아민, 성장호르몬, 코티졸은 외부자극에 대해 빠르고 민감하게 반응하기 때문에 운동시 중요한 역할을 담당하며, 이 호르몬은 운동강도, 운동빈도, 지속시간에 따라 내분비계의 변화양상이 다르게 나타난다(Kjaer, 1988).

Farrel 등(1987)은 코티졸이 운동강도에 따라 분비양상이 다르며 최대운동에서 유의한 증가를 보인다고 했으며, Hartley(1972)는 고강도 운동에서만 혈장 코티졸 농도가 휴식시 보다 증가하고 장시간의 저강도 운동은 유의한 증가를 나타내지 않았다고 보고했다.

스트레스 호르몬은 운동이나 환경적 스트레스에 격렬한 반응을 보이고 둘 사이에는 상호작용이 있으며, 스트레스의 강도와 기간에 영향을 받고 유기체를 통한 생리적 긴장의 결과를 낳는다(Francesconi, 1988). 운동강도 및 기간과 스트레스 호르몬의 관계를 보고한 연구들을 살펴보면, 장기간의 트레이닝이 호르몬과 면역 반응에 영향을 미친다는 보고(Urhausen 등, 1995)와 육상 장거리 선수들에게 4주간의 강도를 높여 가는 트레이닝 후 뇨중 norepinephrine 농도가 감소하였다는 보고(Lehmann 등, 1993)가 있다.

또한 Aldercreutz, Harkonen & Kuoppasalmi(1986)와, Fry, Morton & Keast(1991)은 초과 트레이닝(overtraining)이 cortisol과 testosterone의 혈중 비율에 영향을 미친다고 보고하였으며, 중강도의 반복적인 운동을 할

때, 순환성 스트레스 호르몬의 혈장 농도가 증가한다고 하였다(Brenner 등, 1997).

Hooper 등(1993)은 14명의 수영 선수들을 대상으로 6개월간의 국가대표 선발 시즌 동안 초과트레이닝에 대한 호르몬 반응을 연구한 결과, 혈장 epinephrine과 norepinephrine의 농도는 수영 트레이닝의 양과 유의한 상관관계가 있었으며, 다섯 번에 걸친 norepinephrine과 cortisol 농도의 측정결과에는 유의한 차이는 없었으나 epinephrine의 수준은 시즌 초반에 비해 시합 후 유의하게 낮게 나타났다고 보고하였다. 또한 이진(1999)은 대학 육상 단거리선수, 장거리선수, 비운동선수를 대상으로 한 연구에서 안정시보다 운동 12분과 16분에 epinephrine과 norepinephrine 농도가 유의하게 증가하였으며 회복기에는 감소하였다고 하였다.

Bonifazi 등(1995)은 중·장거리 수영선수를 대상으로 한 연구에서 정상적인 수영 훈련이 훈련기간과 최대 운동 시점에서 cortisol 농도의 변화에 유의한 차이가 나타났고, 안정시 cortisol 농도는 훈련 6주에서 훈련 12주 후에 증가하였으나 훈련 24주 후에는 감소하였다고 보고하였다.

3) 운동과 cortisol

코티졸은 glucocorticoid의 주요 호르몬으로 부신피질 속 상태에서 분비되는데, 1일 생산량은 15~25mg에 미친다. 그 분비는 뇌하수체에서 분비되는 ACTH(부신피질자극호르몬)에 의해 조절된다. 즉, 코티졸의 합성·분비는 시상하부 CRF(만성신부전증) 뇌하수체 ACTH에 의해 조절되고, CRF-ACTH의 생합성·분비는 리듬이나 스트레스 등으로 변동하는 neurotransmitter(신경전달물질)나 코티졸에 의한 negative feedback 기구로 조절되고 있다. 따라서 정상인의 혈중 코티졸은 아침에 최고농도를 보

이고, 심야에 최저농도를 보이는 일내 리듬이 나타나는데 스트레스에 의해서도 증가한다(김현섭, 2004).

세포 내의 steroid 수용체와 결합하여 여러 다양한 기능을 나타내는데 운동과 스트레스에 관련되어서는 에너지 동원 및 심혈관계 역동학에 주작용을 나타낸다. 에너지 동원에 관련된 cortisol의 작용은 근육, 임파세포 및 결합조직에서 단백질 분해를 촉진시켜 분해된 아미노산이 조직 손상의 복구, 효소의 합성, 그리고 에너지 생산에 사용되도록 해준다. 지방세포에서 유리지방산과 glycerol을 방출시켜 간에서 포도당으로 전환 합성시키는 작용을 하며 뇌를 제외한 다른 체내세포에서 포도당 유입을 억제시켜 운동 및 스트레스 기간 동안 평균적인 혈당치를 유지하여 에너지 동원 및 유지에 중요한 기능을 맡고 있으며 힘든 운동 후에 상승하게 된다. 심혈관계 역동학에 관련된 cortisol의 작용은 운동시 증대된 심박출량, 심박수 및 혈압에 대한 심장과 혈관의 안정성 및 반사조절에 중요한 역할을 한다. 그리고 정상적인 농도의 cortisol은 스트레스에 대항하여 신체를 돕는 역할을 맡아 항염제(anti-inflammatory agent)로서 작용하지만 매우 높은 농도의 cortisol은 발열을 억제하고 면역기능을 상실하게 만든다. 또한 cortisol은 epinephrine에 의해 초래된 혈관 수축을 증가시키는 작용을 하는 것으로 알려져 있다(한정호, 2003).

운동에 의한 cortisol 분비 양상 중 저강도의 운동에서는 서로 상반된 결과를 보고하였는데 이는 심리적 스트레스가 신체적 스트레스보다 더 큰 역할을 할 수 있다고 하였다(Tharp, 1975). 운동시간 및 운동량도 cortisol 분비에 영향이 있음을 보고하였다(Kinderman, 1982; Vanhelder, 1985). Vanhelder(1985)의 연구에서 유산소성 운동 및 무산소성 운동 유형에 따라 혈장 cortisol의 변화가 관찰되었는데 무산소성 운동에서만 증가함을 밝혔고 또한 운동시간 및 전체 운동량이 혈장 cortisol에 영향을 끼칠 수 있다

고 하였다. 즉, 경미한 운동이라도 운동시간이 길다면 혈장 cortisol이 증가하며, 운동강도가 강하면 더 증가한다고 하였다.

4) 운동과 catecholamine(epinephrine & norepinephrine)

Catecholamine은 epinephrine과 norepinephrine 두 가지 호르몬으로 교감신경 말단과 부신수질의 소립자에서 생성된다. 부신수질과 교감신경 말단의 catecholamine 분비는 신경절전섬유의 말단에서 분비되는 아세트콜린에 의해서 분비세포와 세포내 그라놀 내로 Ca^{++} 이동이 증가되면 catecholamine 분비가 증가된다. Epinephrine과 norepinephrine은 대단히 빨리 대사 되므로 한 번 분비된 호르몬은 순환 혈액 중에서 불과 수초간만 존재한다고 한다. epinephrine과 norepinephrine은 생명유지에 절대 불가결한 것은 아니지만 생체가 위급한 경우에 처했을 때 이에 대비할 수 있도록 도움을 준다. 일부 특징적인 반응에 있어서는 이 두 호르몬의 작용이 서로 다르지만 많은 경우에 있어서 두 호르몬은 함께 작용한다. 심장과 뇌를 제외한 모든 기관에서 norepinephrine은 혈관을 수축시키며 epinephrine은 이완시킨다. 따라서 norepinephrine은 총 말초저항을 증가시키며 epinephrine은 그것을 감소시킨다(한정호, 2003).

호르몬 작용 및 반응에 관한 훈련효과에 대한 지금까지의 연구로는 운동시 교감신경의 긴장이 부신수질 및 교감신경 말단에서 catecholamine의 분비를 촉진시키고(Galbo & Gollnick, 1984), 두 호르몬의 복합적인 작용은 심장의 박동수와 수축력 증가, 신진대사의 증가, 간과 근육의 글리코겐 분해(글리코겐을 글루코스로 분해) 증가, 혈액 속으로의 글루코스과 유리지방산 방출 증가, 골격근에 혈액을 공급하는 혈관의 확장, 피부와 내장기관에 공급하는 혈관의 수축 등으로 골격근으로의 혈액 공급 증가, 혈압의 증가,

호흡량의 증가 등이다.

운동시 교감신경이 항진되면 교감신경의 말단에서 norepinephrine 분비가 증가하며, 부신수질에서 epinephrine 분비가 증가한다.

epinephrine은 외계의 각종 스트레스에 대항하여 신체를 적절히 보호하기 위해 심장과 혈관 및 근육에 작용하여 심장의 박동수를 증가시키며, 골격근의 혈관을 이완시키고 비운동기관의 혈관을 수축시켜 골격근에 혈류량을 증가시킴으로서 외부상황에 대항하여 근육이 효과적으로 일을 하는데 필요한 산소와 에너지의 공급을 원활하게 해 주며, 혈압을 조절해주는 뇌간의 혈압조절 중추에서 중요 역할을 한다.

또한 epinephrine은 췌장에서 glucagon의 분비를 촉진시키고 insulin 분비를 억제하여 간이나 근육내 glycogenolysis를 통해 골격근에 포도당 공급을 원활히 해준다. 이처럼 운동과정 중 내분비 조절기능을 통한 스트레스에 대한 생리적 항상성은 서로 유기적인 연관을 갖고 유지되고 있으며, 시상하부-뇌하수체-부신선과 밀접히 관련되어 있다.

Epinephrine과 norepinephrine의 분비는 여러 가지 다양한 요인들에 의해 영향을 받는데 그 중에는 신체 위치의 변화, 심리적 스트레스, 그리고 운동과 같은 것들이 포함된다.

혈장 norepinephrine 수준은 VO_{2max} 50% 이상의 운동강도에서는 급격하게 증가하지만 epinephrine의 수준은 운동강도가 VO_{2max} 의 60~70% 수준을 초과할 때까지 유의하게 증가하지 않는다. 운동이 종료되었을 때, epinephrine 수준은 몇 분 이내로 휴식상태로 되돌아가지만 norepinephrine은 여러 시간 동안 상승된 채로 남아 있을 수 있다(한정호, 2003).

3. 비타민과 운동

1) 비타민 C

비타민 C는 모든 생물 조직 내에 함유되어 있으며 대부분 동물의 체내에서 포도당으로부터 합성된다. 그러나 사람, 기니 피그, 원숭이, 조류, 박쥐, 생선류 등과 같이 굴로노락톤 산화효소가 없는 동물은 비타민 C를 자체 생성하지 못하므로 식품을 통해 공급받아야 한다.

체내에서 비타민 C 활성을 지니는 물질로는 환원형인 아스코르브산과 산화형인 디히드로아스코르브산이 있다. 이 두 형태는 상호 전환되면서 괴혈병을 치료하는 효력을 가지고 있으나 디히드로아스코르브산이 더 산화되면 이러한 활성을 잃어버린 비가역적 반응 산물인 디케토굴론산이 생성된다. 디케토굴론산은 수산이나 다른 L-트레오닌산으로 분해된다. 비타민 C는 건조상태나 산성용액에서는 비교적 안정하나 수용액에서는 열, 알칼리 등에 의해 쉽게 파괴된다. 또한 산소가 존재할 때 가열하면 분해속도는 온도에 비례해 빨라진다(최혜미 등, 2000).

수용성 환경에서 강력한 환원제로 작용하는 비타민 C는 여러 가지 수산화 반응에 조효소로 쓰이며, 콜라겐 형성, 도파민 · 노르에피네프린 · 세로토닌 등의 신경전달물질의 합성, 카르니틴과 스테로이드 합성, 철의 흡수, 면역 기능, 상처회복과 그 밖에 엽산, 아미노산, 뉴클레오티드, 콜레스테롤, 포도당 대사에도 관여한다. 즉 비타민 C는 산화형태의 철이온(Fe^{3+})에 전자를 주어서 환원형태의 철이온(Fe^{2+})으로 환원시킨다. 이와 같이 비타민 C는 수소 또는 전자 운반자로서 탄수화물, 지방, 단백질 대사과정에서 필수적인 역할을 한다(최혜미 등, 2000).

장거리 달리기 선수, 축구선수, 레슬링 선수 및 농구선수를 포함하는 44명

의 운동선수들의 비타민 C 영양상태를 대조군과 비교해 본 결과 식이섭취, 혈액 및 뇨중 비타민 C 상태에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 운동선수들의 대부분이 영양상태가 양호한 것으로 관찰되었다(Rokitzki 등, 1994). 한편, 남녀 대학농구선수들의 비타민 C 영양섭취상태도 권장량 이상인 것으로 나타났다(Nowak 등, 1988). 핀란드에서 남녀 각종 운동선수를 대상으로 하여 비타민 C 식이섭취 상태를 식품섭취 빈도조사로 대조군과 비교한 연구에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다(Fogelholm 등, 1992). 347명의 마라톤 선수들을 대상으로 식이섭취 연구를 한 결과 역시 비타민 C의 영양상태는 양호한 것으로 나타났다(Powers 등, 1988).

비타민 C가 운동에 미치는 효과에 관한 연구는 그 결과가 매우 다양하다. 자전거선수들을 대상으로 매일 687mg의 비타민 C를 2주간 공급하고, 1시간 동안 일정 강도로 훈련시킨 결과 심장박동수가 감소한 것으로 나타났다. 한편, 비타민 C는 고온에 대응하는 능력을 증가시키는 것으로 나타났는데, Strydom(1976)의 연구에 의하면 1일 250~500mg 정도의 비타민 C 섭취는 고온의 환경에서 노동하는 사람들의 땀의 양을 줄이고 체온상승을 억제하는 것으로 나타났다.

그러나 비타민 C의 운동수행능력 향상 효과를 관찰하고자 한 다수의 연구에서 비타민 C의 효과가 입증되지 못하고 있다. 건강한 남성들을 대상으로 7주간 비타민 C가 부족한 식사를 제공한 후에도 권장량 이상으로 비타민 C를 섭취한 군에 비해 최대 심박동수 또는 혈중 젖산농도가 차이가 없는 것으로 나타났다(van der Beek 등, 1990). Bender와 Nash(1975)의 연구에서는 운동선수들에게 1일 250~1,000mg의 비타민 C를 오렌지 주스와 정제 형태로 공급한 결과 단거리 및 장거리 달리기와 하버드 스텝 실험(Harvard step test)을 통해 측정한 운동수행능력 개선효과를 관찰하지 못했다. 또한 비타민 C 영양상태가 양호한 사람들을 대상으로 600~1,000mg

의 비타민 C를 공급하면서 최대 심박동수와 무산소 적응능 또는 악력과 근지구력을 측정한 실험에서도 차이가 없었다(Keren & Epstein, 1980; Keith & Merrill, 1983). Keith와 Driskel(1982)의 연구에서는 흡연자와 비흡연자를 대상으로 21일간 300mg의 비타민 C를 공급하였으나, 호기량, 휴식시의 심장박동수, 혈압, 트레드밀 수행능 또는 운동 후 젖산축적 수준에 변화를 관찰하 수 없었다.

2) 비오틴

비오틴은 황을 함유한 수용성 비타민으로서, 포도당 합성 및 지방산 합성 과정에서 조효소로 작용하며, 아미노산으로부터 에너지 생성과정과 DNA 합성에서도 중요한 역할을 한다. 비오틴은 생체내 대사과정 중 카르복실기를 제공하는 카르복실화효소의 조효소로 작용을 한다. 또한 CO₂를 제거하는 탈탄산효소의 조효소로도 작용한다.

비오틴의 기능은 카르복실화 반응과 카르복실기 전이반응을 들 수 있다. 피루브산에 이산화탄소를 첨가하여 옥살로아세트산을 형성하는 카르복실화 반응에 참여하는 피루브산 카르복실화 효소는 비오틴을 함유한 효소이다. 이 반응은 주로 간에서 일어나며 포도당 신생합성의 첫 반응이다. 지방산 합성과정에 필요한 효소인 아세틸 CoA 카르복실화 효소도 비오틴을 함유한 효소이다. ATP를 필요로 하지 않는 반응으로 메틸 말로닐-CoA 카르복실기 전이효소에 비오틴이 필요하다. 이 효소는 탄수화물이 프로피온산으로 발효되는 과정 중 CO₂를 이동시키는데 관여한다(최혜미 등, 2000).

비오틴(biotin)은 안면이 창백하게 되는 생란백 장애인자 즉, 황난백성 피부염(지루성 탈모) 비타민이라고 했었으나 초기의 비타민 학자들은 피부비타민이라고 했다. 간 및 난황에서 추출되었으며 효모 발육에 유효하므로

비오틴이라고 명명했다. 결핍증으로는 사람, 쥐, 원숭이, 개, 토끼, 새 등에서 볼 수 있으며, 주로 간장에 지방을 집적시키고 피부에 종양을 발생시킨다. 또한 신경에도 관계된다. 1일에 30~40g 정도 요구되며 우간(100g/100g)과 낙화생, 초콜렛, 달걀 등에 비교적 많다(염원상, 2002).

3) 나이아신(니코틴산 아미드)

나이아신은 니코틴산과 니코틴아미드로 존재하며 카르복실기(-COOH) 또는 아미드기(-NH₂)를 갖는다. 이 두 물질은 물과 알코올에 잘 용해되며 건조한 상태에서는 안정하지만 용액상태에서는 120℃ 이하의 온도에서 안정하다. 체내 기능으로는 세포내 산화-환원 반응의 조효소 기능과 약리작용을 한다. 나이아신의 조효소 형태는 니코틴아미드 디뉴클레오티드와 니코틴아미드 디뉴클레오티드 포스페이트로서 체내의 산화-환원 반응에 참여한다. 특히 ATP를 생성하는 과정 즉 열량 영양소들의 대사과정에 필수적인 조효소로서 작용한다(최혜미 등, 2000).

나이아신은 NAD 또는 NADP의 형태로 존재하며 지방조직으로부터의 지방산 이용을 감소시키고 결과적으로 혈중 포도당과 글리코젠을 주요 에너지원으로 사용하도록 한다. 따라서 단기간, 고강도 운동의 경우 에너지 효율이 높으나, 지구력 운동인 경우에는 그 효과가 감소된다. Heath 등(1993)은 장기간의 지구력운동에 나이아신 투여가 미치는 영향을 연구하였는데 나이아신을 투여하지 않은 군에 비해 나이아신을 투여받은 군은 혈중 지방산 농도가 현저히 저하되었고, 휴식대사량이 증가되는 것을 관찰하였다. 단, 휴식대사량의 경우 운동시작 2주 후에는 감소하는 경향을 보였는데, 이는 적응기전에 의한 현상인 것으로 보인다.

한편, Murray 등(1995)의 연구에서는 포도당과 나이아신 투여가 운동수행

능력을 향상시키는지 실험한 결과 혈중 지방의 농도는 낮추었으나 운동수행능력의 향상은 관찰되지 않았다. 이상의 연구 결과를 종합하면 나이아신은 운동시 에너지 사용형태에 확연히 영향을 미치나 이는 운동의 종류에 따라 그 효과가 다르므로 나이아신이 차별화되어 이용되어야 할 것으로 보인다. 그러나 나이아신 보충이 운동수행능력을 향상시킬 수 있는지에 관한 증거는 아직 불충분하다.

4) 운동과 비타민

근운동이나 스포츠시에는 에너지의 소비량에 따라서 어떤 종류의 비타민 요구량이 증대한다. 운동 선수는 비타민 소요량으로서 Cureton(1972)은 1일 3,500kcal의 에너지 소비에 대해서 비타민 B₁ 2ug, 비타민 C 50ug, 4,500kcal의 경우에는 각각 5ug, 100ug, 5,000kcal의 경우에는 10ug, 150ug 정도가 더 필요하다고 보고하였다.

운동의 종류에 따라서 필요한 비타민의 종류와 양이 다르기 때문에, 기계적인 일에서는 1,000kcal의 에너지 소비에 대해서 비타민 B₁은 0.52ug, 비타민 C는 14ug 정도라도 좋으나, 단거리 달리기와 같은 순발력을 요하는 운동에서는 2ug, 30ug 정도가 필요하다고 하였다(백영호, 2000).

비타민 B₁이나 C는 과잉으로 섭취해도 축적되지 않고 체외로 배출되어지기 때문에 필요량을 매일 보급하지 않으면 안 된다. 또 비타민 C는 한번에 다량으로 투여하는 것에 의해서 효과를 나타내는 것이지만, 비타민 A, B₁, B₂ 등의 효과는 그것을 계속해서 사용하므로 나타난다. 즉, 비타민 A, B₁, B₂의 효과는 그 필요량이 어떠한 정도까지 축적된 정도에 의하는 것이었고, 인체에 이러한 비타민이 충분히 충족되어져 있으면 그 이상으로 투여해도 효과는 전혀 나타나지 않는다. 비타민을 미리부터 체내에 포화시킬

필요가 있는 시기와 포화 후에 나누어 스포츠 종목별로 비타민 요구량을 설정하고 있다. 즉, 합숙 훈련의 처음과 시합 전의 수일은 체내에 비타민을 포화시켜 두어야 하기 때문에 많이 섭취하여야 하며, 그 양은 비타민 A 2ug(daily 6,700IU), B₁ 8ug, B₂ 2ug, C 200ug이지만, 지구력을 요하는 운동 선수는 민첩성이나 근력을 주로 하는 운동 선수보다도 비타민 B₁, B₂, C 등의 비타민류가 더 많이 필요하다는 것을 나타내고 있다(백영호, 2000).

어떤 종류의 비타민은 조금만 부족해도 신체 활동력이 떨어지고, 권태감이 나타나며, 또 저항력이 떨어져 식욕부진, 두통, 불면, 변비, 주의산만, 그리고 화를 잘 내는 등의 증상이 나타난다. 이와 같은 증상들은 다른 질병과 확실히 구별하기가 쉽지 않다. 더욱이 많이 결핍되면 각기 특유의 증상이 나타나고 신체 전 기능이 저하되어 생활력이 약해진다. 이러한 상황으로도 비타민 부족은 스포츠 선수의 컨디션을 악화시킨다는 것을 추정할 수 있게 한다.

신체 운동에 의해서 각 비타민의 결핍 증상이 안정시보다 빨리 나타난다거나, 섭취량 부족이 운동 능력을 저하시키며, 피로가 빨리 오고, 또 섭취량이 부족한 스포츠 선수에게 비타민제를 투여하면 운동 능력이 증진한다(Early & Carlson, 1969; Haymes, 1983).

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 평소 특정한 약물복용의 경험이 없는 신체 건강한 학생으로 P대학교 조정선수 12명을 대상으로 하여 비타민 복합제 섭취와 트레이닝 그룹(supplemented group) 6명, 트레이닝만 실시하는 그룹(control group) 6명을 무작위로 선정하였다.

특히 연구대상자들에게 실험의 목적, 방법과 비타민 복합제의 생리적 작용을 충분히 설명한 후 실험기간동안 흡연, 알코올 등 특수한 약물을 제한하였다.

전체 조정선수 12명의 대상자 중에서 연습 도중 부상으로 인해 끝까지 훈련에 참석하지 못한 실험그룹(SG)의 1명을 제외하고는 11명 모두 6주간의 실험을 완수하였으며, 피험자들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자들의 신체적 특성

그룹	연령(세)	경력(년)	신장(cm)	체중(kg)	%fat(%)
SG(n=5)	20.60±1.34	5.42±1.66	183.60±3.05	86.54±3.68	13.70±3.27
CG(n=6)	20.00±1.10	4.52±1.17	182.83±4.02	79.30±3.34	14.43±2.23

SG : supplemented group CG : control group

2. 실험 방법

1) 실험 설계

합숙훈련을 통해 강도 높은 운동수행을 하는 조정선수들에게 비타민 C · B복합제를 섭취하도록 하여 각종 측정변인에 미치는 변화 양상을 알아보기 위하여 6주간의 비타민 섭취와 합숙훈련 전 · 후의 혈청 효소(LDH & CPK) 활성도와 혈중 스트레스 호르몬(cortisol & catecholamine) 농도를 측정 · 분석하였다. 본 연구의 실험 설계는 <그림 1>과 같다.

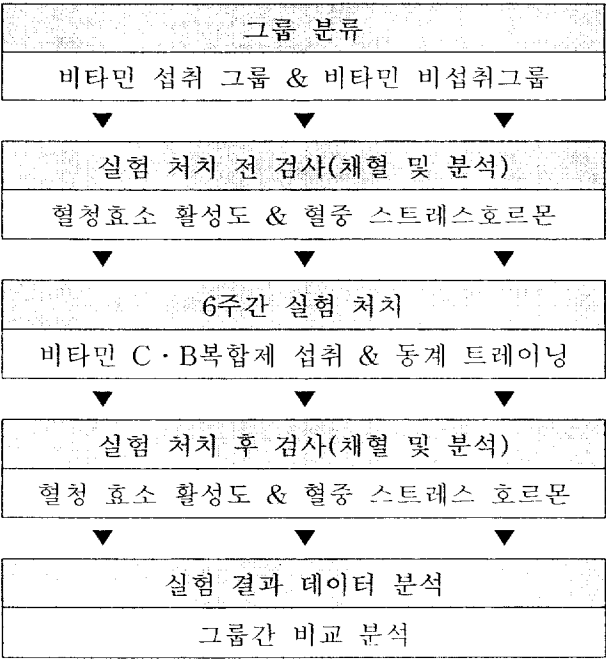


그림 1. 연구의 실험 설계

2) 비타민 C · B복합제 섭취 방법

실험군은 매일 아침 · 저녁으로 식후 30분에 비타민 C · B복합제를 각각 3캡셀씩 총 6캡셀을 복용($400\text{mg} \times 6\text{캡셀} = 2,400\text{mg}$)하였으며, 실험에 사용된 비타민 복합제는 S사의 비타민 C · B복합제를 사용하였다. 비타민 C · B복합제의 영양 성분과 함량은 2캡셀 800mg당 비타민 C 16.0mg, 비오틴 10.0ug, 니코틴산아미드 5.0mgNE이다.

3) 혈액 채취 및 분석방법

(1) 혈액 채취

6주간 비타민 C · B복합제 섭취와 합숙훈련 전 · 후 피험자들은 12시간 이상 공복한 후에 실험실에 도착하여 충분한 안정을 취하고 난 후 안정시 채혈을 실시하였다. 혈액은 전완 주정맥에서 10cc를 채혈하였으며, 채혈된 혈액은 곧바로 3000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하여 SK 임상검사센터에 의뢰하여 분석하였다. 이러한 혈액의 채취는 혈청 효소 활성도와 스트레스 호르몬 분석을 위하여 비타민 섭취 전(동계 트레이닝 전)과 6주간 비타민 섭취 후(동계 트레이닝 후)에 각각 1회씩을 실시하였다.

혈액분석 항목으로는 혈청 효소인 LDH와 CPK 활성도와 스트레스 호르몬인 Cortisol과 Catecholamine을 각각 분석시약 kit를 사용하여 분석하였다.

(2) 혈청 효소 활성도 분석 방법

① LDH

혈청 중의 LDH는 젖산을 산화하고, 피루브산을 생성한다. 이 때 조효소인 NAD는 NADH로 환원되고, 340nm에서의 흡광도가 증가한다. 이 흡광도 변화속도를 측정하는 것에 의하여 LDH의 활성치를 구한다. 젖산탈수소효소(LDH)는 SICDIA L LDH Reagent(JSCC)를 검사시약으로 한 효소법(검사장비 Hitachi 7600-110/7170)을 이용하여 분석하였다.

② CPK

Creatine Phosphokinase(CPK)는 AutoLab CPK를 검사시약으로 하여 IFCC법(NAC, Kinetic UV Method)(검사장비 Hitachi 7600-110/7170)을 이용하여 분석하였다.

(3) 혈중 스트레스 호르몬 분석방법

① Cortisol

Cortisol은 경쟁반응(RIA : Radioimmunoassay)(검사장비 1470 wizard γ-counter)을 이용하여 분석하였다. 검체의 항원(cortisol)과 표지항원(¹²⁵I-Labeled cortisol)이 항체 피복입자(antibody coated particles)이나 항체 피복 tube에 경쟁적으로 반응하는 경쟁반응의 원리이다.

② Catecholamine(Epinephrine & Norepinephrine)

Catecholamine은 Secondary antibody Method(검사시약 KatCombi RIA)로 경쟁반응 원리를 이용하여 분석하였다. 검사장비로는 Pipettes for

delivery($25\mu\text{l}$, $50\mu\text{l}$, $100\mu\text{l}$, 1ml), Microtitier plate(T.V. : 2.5ml), Centrifuge at 1500g, aspiration and Washing device, Gamma counter 등이 사용되었다.

4) 트레이닝 운동 프로그램

피험자들의 트레이닝 운동 프로그램은 6주간 합숙훈련을 통하여 이루어졌다. 1주~2주차는 오전·오후 각각 3시간(요일별로 체조, 러닝, 파워웨이트 & 파워서키트, 언덕뛰기, 수영, 크로스컨츄리, 등산 등)씩 운동에 참가하였으며, 3주~6주차는 아침(1시간), 오전(2시간 30분), 오후(3시간)에 트레이닝 프로그램(요일별로 체조, 러닝, 파워웨이트 & 파워서키트, 언덕뛰기, 수영, 크로스컨츄리, 등산 등)에 참가하였다. 피험자들의 합숙훈련 중 트레이닝 운동 프로그램의 세부적인 내용은 <표 2>, <표 3>과 같다.

표 2. 1~2 주간 트레이닝 프로그램

구분	내용(분)	운동강도	Set
오전	1. 체조(30) · 조강(10) · 스트레칭(10) · 유연 체조(10) 2. 언덕뛰기(거리 500m, 700m) · 1주-500m(7회~9회) · 2주-700m(5회~7회) 3. 축구(120) · 전반(60) · 후반(60) 4. 수영(60) 5. 정리체조	심박수 범위 140~180회/분	3~4 Set
오후	1. 체조(30) · 조강(10) · 스트레칭(10) · 유연 체조(10) 2. 파워웨이트(7종목) · 스쿼트 · 파워크린 · 데드리프트 · 벤치폴 · 싯업 · 체스트웨이트 · 벤치프레스 ※1주-최대 70%, 12회~15회×4~5 Set 2주-최대 80%, 8회~12회×4~5 Set 3. 수영 4. 파워서킷(11개 종목) · 싯업-10kg · 벤치폴-35kg · 데드리프트-50kg · 파워크린-30kg · V싯업 · 점프굴신 · 풋삽 · 체스트웨이트-50kg · 백싯업 · 비피점프 · 굴신-아령10kg ※30초 동안 최대횟수, 11개 종목 2사이클⇒1Set 5. 크로스 컨츄리(황령산 1바퀴 약 12km) 6. 정리체조	심박수 범위 140~180회/분	4~5 Set
비고	목요일 오전은 축구, 일요일은 등산		
* 훈련시간 : 오전(09:30~12:30), 오후(15:00~18:00)			

표 3. 3~6 주간 트레이닝 프로그램

구분	내용(분)	운동강도	Set
오전	1. 체조(30) · 조강(10) · 스트레칭(10) · 유연체조(10) 2. 언덕뛰기(거리 500m, 700m) · 3주-500m(7회~9회) · 4주-700m(5회~7회) · 5주-500m(7회~9회) · 6주-700m(5회~7회) 3. 레크리에이션 · 축구(120)-전반(60), 후반(60) · 농구(60) -전반(30), 후반(30) 4. 파워서키트(11개 종목) · 싯업-10kg · 벤치폴-35kg · 데드리프트-50kg · 파워크린-30kg · V싯업 · 점프굴신 · 풋샵 · 체스트웨이트-50kg · 백싯업 · 비피점프 · 굴신-아령10kg ※3주,4주 40초동안 11개종목 최대횟수2회전-1Set 5주,6주 60초동안 11개종목 최대횟수1회전-1Set 5. 유연체조 및 정리체조	심박수 범위 140~180회/분	3~4 Set
오후	1. 체조(30) · 조강(10) · 스트레칭(10) · 유연체조(10) 2. 파워웨이트(7종목) · 스쿼트 · 파워크린 · 데드리프트 · 벤치폴 · 싯업 · 체스트웨이트 · 벤치프레스 ※3주-최대 80%, 10회~12회 4주-최대 80%, 12회~15회 5주-최대 90%, 8회~10회 6주-최대 90%, 10회~12회 3. 크로스 컨츄리(황령산 1바퀴 약 12km) 4. 유연체조 및 정리체조	심박수 범위 140~180회/분	4~5 Set
비고	목요일 오전은 레크리에이션, 일요일은 휴식		
* 훈련시간 : 아침(07:00~08:00), 오전(10:00~12:30), 오후(15:00~18:00)			

3. 자료분석

본 실험의 자료는 Windows용 SPSS/PC⁺(version 10.0) 통계 패키지를 이용하였으며, 각 변인들의 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 6주간의 실험 전과 실험 후의 집단내 혈청호소 활성도와 혈중 스트레스 호르몬 농도의 변화를 검증하기 위하여 t-검정을 실시하였고, 비타민 섭취 전과 섭취 6주 후의 집단간 차이를 비교하기 위해서 비타민 섭취 전의 수치를 공변인으로 하는 공변량분석을 이용하여 비교·분석하였다. 통계적 유의수준은 $p<.05$ 로 설정하였다.

IV. 연구결과

1. 혈청 효소 활성도의 변화

조정선수들의 6주간 비타민 C·B복합제 섭취 전·후의 혈청효소 활성도의 변화는 <표 4>와 같다.

표 4. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈청효소 활성도 변화

항목	그룹	실험전	실험후	t-value
LDH(IU/L)	SG	175.40±32.14	206.60±40.90	-5.190**
	CG	159.33±39.58	186.17±41.80	-4.133**
CPK(IU/L)	SG	184.40±89.14	416.20±182.24	-2.992*
	CG	156.33±59.24	335.50±130.70	-2.889*

* $p < .05$, ** $p < .01$

1) LDH의 변화

조정선수들의 6주간 비타민 C·B복합제 섭취 전·후의 LDH의 변화는 <표 5>와 <그림 2>와 같다.

표 5. 6주간 비타민 섭취 후 보정된 LDH의 비교

항목	그룹	보정된 평균	표준오차	F	유의확률
LDH(IU/L)	SG	197.296	7.079	0.121	0.737
	CG	193.920	6.445		

표 6. 6주간 비타민 섭취 전·후의 LDH 공변량분석 결과

소스	제3유형제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
수정모형	14624.607	2	7312.304	30.121	0.000
그룹	29.352	1	29.352	0.121	0.737
공변량	13485.913	1	13485.913	55.551	0.000
오차	1942.120	8	242.765		
합계	436794.0	11			

조정선수들의 혈청효소 중 LDH의 활성도 변화를 <표 4>에서 보는 바와 같이 비타민 섭취 그룹이 실험 전 175.40±32.14IU/L에서 실험 후 206.60±40.90IU/L로 31.20IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p < .01$) 증가하였다. 비타민 비섭취 그룹은 실험 전 159.33±39.58IU/L에서 실험 후 186.17±41.80IU/L로 26.84IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p < .01$) 증가하였다.

혈청 LDH의 공변량 분석 결과를 <표 5>와 <표 6>에서 보는 바와 같이, 공변인으로 투입된 LDH의 사전검사치는 $F=55.551$ 로서 통계적으로 유의있는 ($p < .001$) 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 보정된 LDH에 의한 집단간 주효과 결과에 의하면 $F=0.121$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

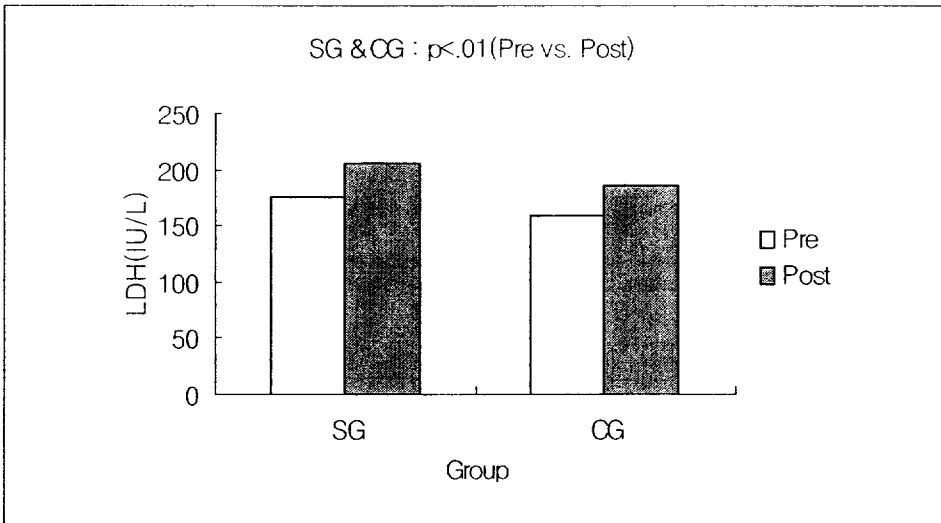


그림 2. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈청 LDH 활성도의 변화

2) CPK의 변화

조정선수들의 6주간 비타민 C·B복합제 섭취 전·후의 CPK의 변화는 <표 7>과 <그림 3>와 같다.

표 7. 6주간 비타민 섭취 후 보정된 CPK의 비교

항목	그룹	보정된 평균	표준오차	F	유의확률
CPK(IU/L)	SG	411.207	73.837	0.502	0.499
	CG	339.661	67.273		

표 8. 6주간 비타민 섭취 전·후의 CPK 공변량분석 결과

소스	제3유형제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
수정모형	23008.665	2	11504.333	0.432	0.663
그룹	13377.810	1	13377.810	0.502	0.499
공변량	5247.329	1	5247.329	0.197	0.669
오차	213013.0	8	26626.621		
합계	1759734	11			

조정선수들의 혈청효소 중 CPK의 활성화도 변화를 <표 4>에서 보는 바와 같이 비타민 섭취 그룹이 실험 전 184.40±89.14IU/L에서 실험 후 416.20±182.24IU/L로 231.80IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게($p < .05$)증가하였다. 비타민 비섭취 그룹은 실험 전 156.33±59.24IU/L에서 실험 후 335.50±130.70IU/L로 179.17IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게($p < .05$)증가하였다.

혈청 CPK의 공변량 분석결과를 <표 7>과 <표 8>에서 보면 공변인으로 투입된 CPK의 사전검사치는 $F=0.197$ 로서 통계적으로 의의가 없는 것으로 나타났으며, 보정된 CPK에 의한 집단간 주효과 결과도 $F=0.502$ 로 통계적으로 유의한 차가 없는 것으로 나타났다.

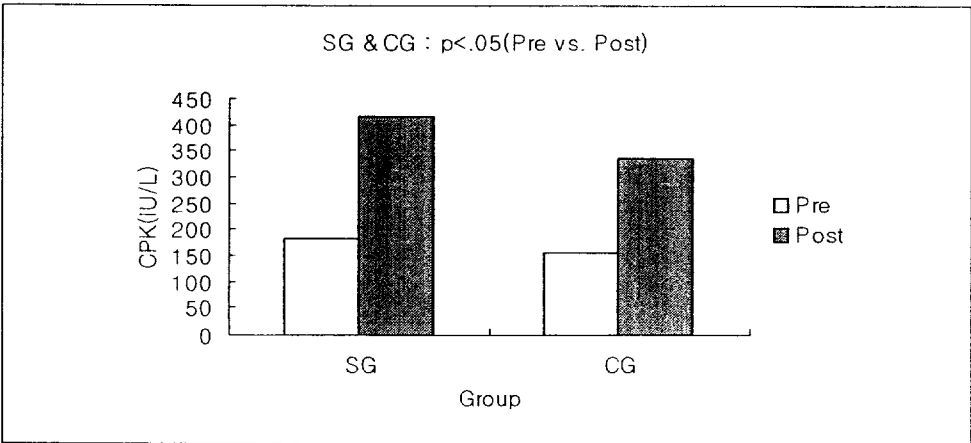


그림 3. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈청 CPK의 변화

2. 스트레스 호르몬의 변화

조정선수들의 6주간 비타민 C·B복합제 섭취 전·후의 스트레스 호르몬의 변화는 <표 9>와 같다.

표 9. 6주간 비타민 섭취 전·후의 스트레스 호르몬의 변화

항목	그룹	섭취전	섭취후	t-value
Cortisol (ug/dl)	SG	18.03±2.29	17.79±3.87	0.172
	CG	26.95±8.77	18.26±3.23	2.116
Epinephrine (pg/ml)	SG	49.60±33.86	26.00±23.48	2.544
	CG	51.17±20.65	42.50±34.12	0.902
Norepinephrine (pg/ml)	SG	125.80±89.34	200.40±110.83	-1.292
	CG	105.00±50.54	270.50±148.87	-3.055*

* $p < .05$

1) Cortisol의 변화

조정선수들의 6주간 비타민 C·B복합제 섭취 전·후의 cortisol 농도의 변화는 <표 10>과 <그림 4>와 같다.

표 10. 6주간 비타민 섭취 전·후의 cortisol 농도의 비교

항목	그룹	보정된 평균	표준오차	F	유의확률
Cortisol(ug/dl)	SG	17.621	1.899	0.077	0.789
	CG	18.397	1.701		

표 11. 6주간 비타민 섭취 전·후의 cortisol 농도의 공변량분석 결과

소스	제3유형제공합	자유도	평균제곱	F	유의확률
수정모형	1.076	2	0.538	0.039	0.962
그룹	1.069	1	1.069	0.077	0.789
공변량	0.460	1	0.460	0.033	0.861
오차	111.662	8	13.958		
합계	3694.363	11			

조정선수들의 혈중 호르몬 중 cortisol 농도 변화를 <표 9>에서 보는 바와 같이 비타민 섭취 그룹이 실험 전 18.03±2.29ug/dl에서 실험 후 17.79±3.87ug/dl로 0.24ug/dl 감소하였으나, 통계적으로는 유의한 차는 없었다. 비타민 비섭취 그룹에서는 실험 전 26.95±8.77ug/dl에서 실험 후 18.26±3.23ug/dl로 8.69ug/dl 감소하였으나, 통계적으로 유의한 차는 없었다.

혈중 cortisol 농도의 공변량 분석결과를 <표 10>과 <표 11>에서 보는 바와 같이 공변인으로 투입된 cortisol 농도의 사전검사치는 F=0.033으로서 통계적으로 유의있는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으며, 보정된 cortisol 농도에 의한 집단간 주효과 결과도 F=0.077로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

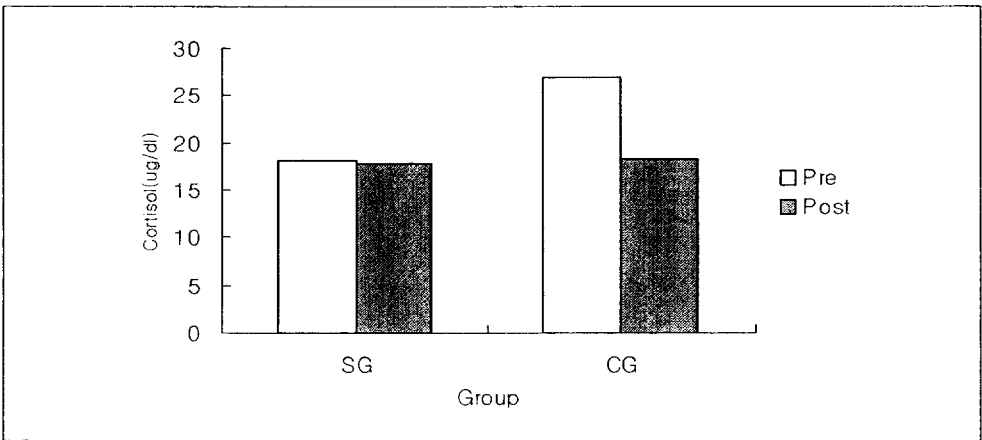


그림 4. 6주간 비타민 섭취 전·후의 cortisol 농도의 변화

2) Epinephrine의 변화

조정선수들의 6주간 비타민 C·B복합제 섭취 전·후의 혈중 epinephrine 농도의 변화는 <표 12>와 <그림 5>와 같다.

표 12. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈중 epinephrine 농도의 비교

항목	그룹	보정된 평균	표준오차	F	유의확률
Epinephrine (pg/ml)	SG	26.652	10.146	1.241	0.298
	CG	41.957	9.262		

표 13. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈중 epinephrine 농도의 공변량분석 결과

소스	제3유형제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
수정모형	4654.508	2	2327.254	4.524	0.048
그룹	638.166	1	638.166	1.241	0.298
공변량	3912.008	1	3912.008	7.604	0.025
오차	4115.492	8	514.436		
합계	22245.000	11			

조정선수들의 혈중 호르몬 중 epinephrine 농도 변화를 <표 9>에서 보는 바와 같이 비타민 섭취 그룹이 실험 전 $49.60 \pm 33.86 \text{ pg/ml}$ 에서 실험 후 $26.00 \pm 23.48 \text{ pg/ml}$ 로 23.60 pg/ml 감소하였으나, 통계적으로는 유의한 차는 없었다. 비타민 비섭취 그룹에서도 실험 전 $51.17 \pm 20.65 \text{ pg/ml}$ 에서 실험 후 $42.50 \pm 34.12 \text{ pg/ml}$ 로 8.67 pg/ml 감소하였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

혈중 epinephrine 농도의 공변량 분석결과를 <표 12>와 <표 13>에서 보면 공변인으로 투입된 epinephrine의 사전검사치는 $F=7.604$ 로서 통계적으

로 유의있는($p<.05$) 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 보정된 epinephrine 농도에 의한 집단간 주효과 결과에 의하면 $F=1.241$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

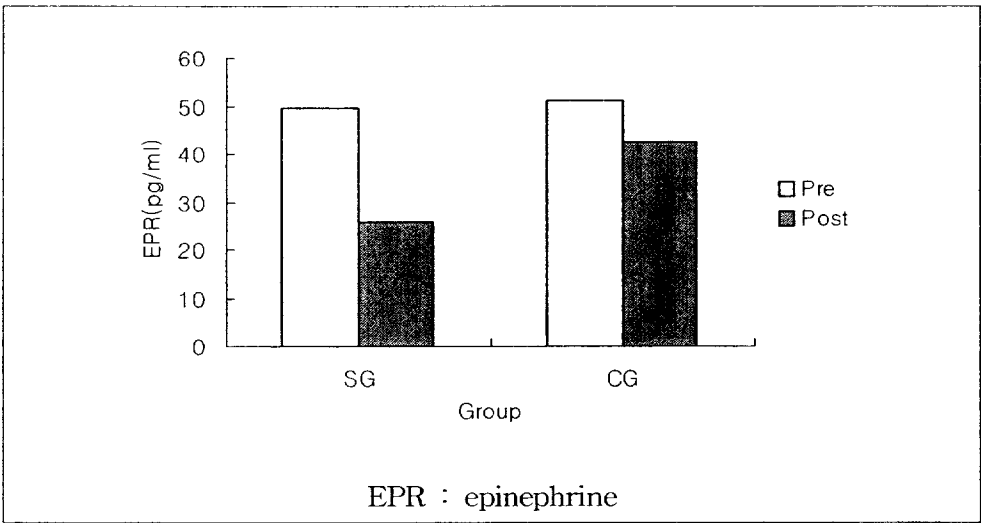


그림 5. 6주간 비타민 섭취 전·후의 혈중 epinephrine 농도의 변화

3) Norepinephrine의 변화

조정선수들의 6주간 비타민 C·B복합제 섭취 전·후의 혈중 norepinephrine 농도의 변화는 <표 14>와 <그림 6>과 같다.

표 14. 6주간 비타민 섭취 전·후의 norepinephrine 농도의 비교

항목	그룹	보정된 평균	표준오차	F	유의확률
Norepinephrine (pg/ml)	SG	194.066	60.852	0.972	0.353
	CG	275.778	55.484		

표 15. 6주간 비타민 섭취 전·후의 norepinephrine 농도의 공변량분석 결과

소스	제3유형제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
수정모형	27332.376	2	13666.188	0.749	0.503
그룹	17741.366	1	17741.366	0.972	0.353
공변량	13930.530	1	13930.530	0.763	0.408
오차	146014.2	8	18251.771		
합계	799767.0	11			

조정선수들의 혈중 호르몬 중 norepinephrine 농도 변화를 <표 9>에서 보는 바와 같이 비타민 섭취 그룹이 실험 전 125.80±89.34pg/ml에서 실험 후 200.40±110.83pg/ml로 74.60pg/ml 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 비타민 비섭취 그룹에서는 실험 전 105.00±50.54pg/ml에서 실험 후 270.50±148.87pg/ml로 165.50pg/ml 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p<.05$)증가하였다.

혈중 norepinephrine 농도의 공변량 분석결과를 <표 14>와 <표 15>에서 보는 바와 같이 공변인으로 투입된 norepinephrine의 사전검사치는 $F=0.763$ 으로서 통계적으로 유의있는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으며, 보정된 norepinephrine에 의한 집단간 주효과 결과도 $F=0.972$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

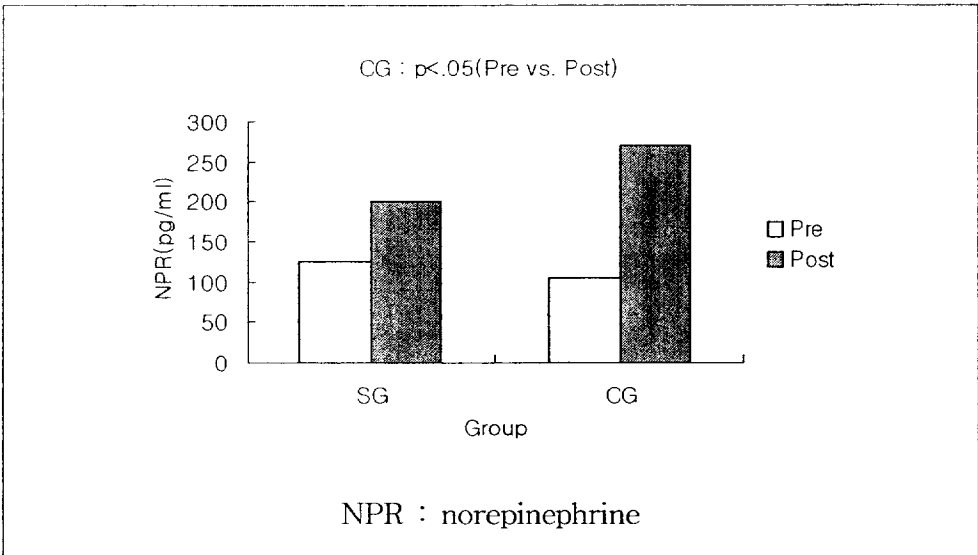


그림 6. 6주간 비타민 섭취 전·후의 norepinephrine 농도의 변화

V. 논 의

1. 운동과 혈청효소 활성화도

CK 및 LDH는 비혈장 특이성 효소로서, 일반적으로 조직에서 활성화도가 높은 반면 혈중에서는 현저히 낮은 수준으로 유지된다. 그러나 혈중에서 이러한 효소 활성화도 증가는 곧 세포내 ATP 및 대사물질 감소로 인한 근 섬유막의 손상(Magazanik 등, 1974), 노르에피네프린의 혈관 수축으로 동맥압의 증가에 따른 세포막 투과성의 변화 등에 의해 혈중에서 활성화도가 높아지게 된다. 또한 고강도의 운동자극에 의한 직접적인 세포막의 파괴 및 조직 괴사(Karamizrak 등, 1994) 그리고 근 손상의 간접적인 지표(Jennifer & Jeffrey, 2001; Itoh 등, 2000)로도 이용되고 있다. 한편 CK 및 LDH의 변화는 운동에 대한 신체의 반응 정도를 나타내는 것(Guezennec 등, 1986; Roti 등, 1981)으로 체력이나 운동의 효과 정도를 나타내는 생화학적 변인으로 활용될 뿐만 아니라 ATP를 합성하는 촉매 역할과 해당과정에서의 초성포도산과 젖산의 형성을 조절하는 효소이다. 이처럼 CK 및 LDH는 운동시 인체의 여러 생화학적 요인에 기인하고 각종 운동상황에서 동원되는 에너지 시스템을 평가(Holloszy & Booth, 1976)하거나 운동강도, 지속시간, 근 경직을 분석하는데 유용한 지표(Apple & Rogers, 1986)로 이용되고 있다.

LDH는 무산소 해당계에 의해 ATP를 생성하는 필수 효소로서 무산소성 해당의 최종 단계에서 초성포도산을 이용하여 NADH를 산화하고 NAD를 생산하는 즉, 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 역할을 하기 때문

에 LDH는 운동발현기구 특히 무산소성 작업능력과 상관이 있는 혈중 젖산 농도의 변동 추이에 관심을 갖는 연구에 많은 관심을 가지고 있다.

Roti 등(1981)은 훈련된 운동선수들의 혈청 LDH 활성도가 운동 중 오히려 감소됨을 보고하였다. 이와는 달리 Bigard 등(1992)은 32마리의 쥐를 12주 동안 전신지구력 수영훈련을 시킨 결과 LDH 활성비가 비훈련집단에 비하여 유의하게 향상되었다고 보고하였다. Cenry와 Haralambie(1982)는 운동의 강도와 기간에 따른 LDH 활성도를 평가하여 운동으로 인한 근육 효소 유출이 운동의 기간에서보다는 운동의 강도에 따라 더욱 큰 영향을 받는다는 것을 증명하였다.

CPK는 크레아틴의 인산화 과정과 ATP-PC계를 통해 ATP의 합성에 촉매역할을 가속화 시켜 운동시 ATP의 고갈을 방지하는 효소로서 CPK 활성도의 변화는 무산소성 운동뿐만 아니라 유산소성 운동시에도 증가하고 골격근의 CPK 활성도와 마찬가지로 혈청 CPK 활성도 운동에 의해 증가하며 훈련된 집단이 훈련되지 않은 집단보다 안정시 총 CPK 활성도가 높고, 비운동선수군에서도 최대 운동직후 효소 활성도가 높게 증가한다(Lijnen 등, 1986).

CPK는 근조직에 비하여 혈장에 현저히 낮은 농도로 존재하는 비혈장 특이성효소로서, 크레아틴 인산화 과정과 ATP-PC계를 통해 PC의 저장으로부터 수행되는 ATP의 합성에 촉매역할을 가속화시켜 운동시 ATP의 고갈을 방지하는 작용을 하는 효소이다(김동희 등, 2001). CPK는 골격근, 뇌, 심근 등에 많이 함유되어 있는데 전체의 96%가 골격근에 집중되어 있다. 무산소성 운동시 CPK 활성도의 변화는 근육 내에서의 대사과정과 관련한 대부분의 연구에서 증가 현상을 나타낸다(Sharp 등, 1986). 그러나 혈중에서의 효소 활성도에 대해서는 운동강도에 따라서 차이를 나타낸다고 보고하고 있다(Willmore & Costill, 1988).

대부분의 혈청효소들이 운동강도와 비례하여 증가하며, 특히 CPK가 현저히 변동하는데, 이는 혈청 CPK의 활동이 운동기간, 운동강도, 그리고 총운동 수행량과의 관계, 피험자의 수준 등에도 영향이 있으나, 효소활성 상승의 영향은 운동기간에 가장 크게 영향을 받는다(Fowler 등, 1968).

운동에 의한 혈청 CPK 효소의 활성 수준은 개인차가 크고, 훈련된 사람이 비훈련자에 비해 높으며, CPK 효소의 활성 수준은 근세포내의 활성수준을 반영할 수 있을 뿐만 아니라, 일과성 운동에는 CPK의 변화가 적고 운동을 장시간하면 그 상승이 현저할 것으로 생각되어진다.

김현태 & 안응남(2002)의 연구에서는 8주간의 항산화제인 비타민 E 투여를 병행한 트레이닝 후 격렬한 운동을 실시한 결과 LDH의 활성도가 비타민 E 투여를 병행한 트레이닝 집단에서 낮게 나타나 운동선수들의 훈련시 항산화제 부가 섭취 또한 과도한 운동으로 인한 인체내 스트레스를 경감시키면서 훈련효과를 증대시킬 수 있는 방안이라 사료된다고 보고하였다.

Karlsson(1979)은 근력 훈련 집단이 지구성 훈련 집단에 비하여 혈청 LDH의 활성이 높다는 것을 시사하였고, Ohkuwa와 Miyamura(1986)는 8명의 단거리 달리기 선수와 8명의 장거리 달리기 선수에게 400m와 3,000m를 달리게 한 후 측정한 혈청 LDH 활성은 장거리 달리기 선수들이 단거리 달리기 선수에 비해 유의하게 높게 나타났다고 하였다.

한편, 김진만(2001)의 연구에서는 배드민턴 운동이 혈청 LDH와 CPK 활성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 주 5회, 매 1시간, 3년 이상 지속적으로 배드민턴 운동에 참가하고 있는 중년여성 25명을 대상으로 혈청 효소 활성도를 측정, 분석한 결과, LDH는 배드민턴 운동군이 높게 나타났으나 대조군과 유의한 차이는 없었으며, CPK는 배드민턴 운동군이 대조군에 비해 유의하게 높게 나타났다고 보고한 바 있고, 김태왕 등(2003)의 연구에서는 65세 이상의 여성고령자 12명을 대상으로 8주간 주 2회, 1회 60분간 걷

기운동(RPE 11~13)과 아령 및 탄성밴드를 이용한 저항운동을 실시하여 운동 전·후의 혈청 CPK와 LDH를 분석한 결과, 혈청 CPK와 LDH의 활성화도에 영향을 미치지 못하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 6주간 비타민 C·B복합제 섭취군과 통제군 모두에서 혈청 효소인 LDH와 CPK의 활성도를 유의하게 증가시켰으며, 사전 효소 활성치를 공변인으로 한 보정된 평균 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 보아, 비타민 C·B복합제 섭취가 고강도의 트레이닝을 하는 선수들의 혈청 효소 활성수준에는 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

2. 운동과 스트레스 호르몬 변화

체내에 분비되는 호르몬 중 스트레스 호르몬으로 알려진 코티졸은 시상하부-뇌하수체 부신축에서 부신피질 자극호르몬 분비를 억제하고, 근육세포로부터 저장된 지방, 글리코겐, 아미노산 등을 이용하여 훈련의 기간동안 평균적인 혈당치를 유지하기 위한 기능을 맡고 있는 것(오상덕, 1999)으로 알려져 있다. 특히 혈중에서의 코티졸 농도 상승은 훈련의 부적절한 적응 상태를 진단하기 위한 객관적인 지표로 이용되고 있으며 궁극적으로 조직 파괴의 원인이 된다고 알려져 있다. 실제로 Dressendorfer & Wade(1991)은 테스토스테론과 더불어 코티졸은 훈련에 따른 비 적응적 상태를 진단하기 위하여 이용된다고 보고하였다.

일반적으로 코티졸은 운동강도와 시간, 식사상태 등을 포함한 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받는 것으로, 대부분의 연구에서 운동강도에 의해

코티졸 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 더욱이 고강도의 격렬한 운동에만 증가하고(McArdle 등, 1996) 더욱 높은 강도의 운동에서는 더 큰 폭의 증가를 하며 운동시작 30~45분 후에 최고수준에 도달한 다음 거의 평상시 수준으로 감소하고 운동시간이 길면 낮은 수준의 운동을 실시할 때도 코티졸의 농도는 증가한다(Wilmore & Costill, 1994).

카테콜아민은 대사작용에 매우 중요한 역할을 하고 간 및 근육의 당원분해, 지질분해 등을 통한 glucose와 FFA 동원 증대에 기여한다(조홍관, 2001). 운동자극에 따른 카테콜아민 농도의 변화는 탄수화물 및 지질대사와 밀접한 관련성을 가지고 있는데(Hagenfeldt, 1989), 운동자극에 따른 에너지원의 동원과 관련지어 볼 때 동반적인 변화의 기대는 충분히 가능하며, 운동부하시 부교감신경계와 교감신경계의 흥분이 병행하여 일어남을 의미한다.

Catecholamine의 농도, 특히 norepinephrine의 농도는 최대산소소비량 60% 이상의 운동강도일 때 급격한 증가를 하고(위승두, 1991; Howley, 1976), 80% VO₂max의 운동시에는 norepinephrine의 증가가 뚜렷이 나타나고(Hartley 등, 1972), 카페인 투여 후 운동 중 epinephrine과 norepinephrine 등이 급격히 증가한다고 주장한 연구들도 있다(Tarnopolsky 등, 1989; Giles & McClaren, 1984).

정덕조와 권소양(2003)의 연구에서는 고강도 운동과 카테콜아민 호르몬과의 관계를 알아보기 위하여 20대 성인 남자 7명을 대상으로 고강도 운동을 실시한 결과, 고강도 운동 직후 카테콜아민 호르몬은 증가양상을 나타냈으며, 안정시에 비해 유의한 증가가 나타났다고 보고하였으며, 맹희정(2002)의 연구에서는 하지 근육의 단축성 수축운동을 통한 인위적 근피로 유발시 냉요법이 미치는 영향을 알아보고 피로회복의 지표로서의 유용성을 제시하기 위하여 코티졸 호르몬을 분석한 결과, 운동직후에 코티졸 농도가 증가

하였다가 회복기 30분부터 세 처치집단(통제집단, 실험집단)이 비슷하게 감소하는 경향을 보였다.

김영표와 김은경(2000)의 연구에서는 수영훈련이 호르몬 반응에 미치는 영향을 규명하기 위하여 10명의 수영동아리 남자 대학생을 대상으로 8주 및 12주간의 수영훈련을 실시하여 호르몬 농도를 분석, 비교한 결과, 코티졸은 안정시에 훈련 전보다 훈련 8주 후와 훈련 12주 후 각각 유의하게 증가하였고 운동직후에는 훈련 전보다 훈련 8주 및 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였다, 최대운동 수행에 따른 시점에서는 코티졸, 에피네프린, 노르에피네프린 농도가 훈련 전, 훈련 8주 및 훈련 12주 후 별로 운동 전보다 운동 직후에 유의하게 증가하였으며, 회복기 30분에 유의하게 감소하였다고 보고하였고, 이진(1999)의 연구에서는 대학육상선수 24명을 대상으로 휴식기, 운동 중, 회복기 중의 호르몬 변화를 연구하고자 점증적 최대운동을 시킨 결과, 혈중 에피네프린, 노르에피네프린, 그리고 코티졸 농도가 운동 중 12분부터 안정시보다 유의하게 증가하는 양상을 나타냈다고 보고하고 있다.

조홍관(2001)의 연구에서는 유산소성 훈련특성을 가진 19~21세의 남자 대학 조정선수 10명을 대상으로 최대하운동(50~90% HRmax)을 부과하여, 카페인 투여가 지구성 운동중 호르몬 반응에 어떠한 효과를 나타내는지를 고찰한 결과, 에피네프린과 노르에피네프린은 실험군, 통제군 간에 별다른 차이를 보이지 않았으나, 운동시간 경과에 따라 운동종료 후에 양 집단 모두 유의하게 증가하였다고 보고한 바 있으며, 김태형과 임완기(2002)의 연구에서는 남자 대학생 8명을 대상으로 장시간 운동 중 수분보충과 스포츠 음료 섭취가 호르몬 및 포도당 농도에 미치는 영향을 분석한 결과, 수분통제 집단의 코티졸 농도가 휴식시에 비해 운동 60분과 운동 120분에 유의한 증가를 나타낸 반면, 수분섭취 집단과 스포츠음료 집단에서는 코티졸의 농

도가 휴식시에 비해 운동 60분과 운동 120분에 유의한 차이가 없었음을 보고하였다.

이한(2001)의 연구에서는 기후조건과 지구성 트레이닝이 최대하운동시 면역세포와 스트레스 호르몬에 어떠한 영향을 미치는가를 구명하기 위하여 18명의 남자 대학생을 대상으로 기후조건에 따라 자전거 에르고미터를 이용하여 트레이닝을 실시한 결과, 트레이닝 후 혈청 코티졸과 혈장 노르에피네프린의 농도는 운동 직후 증가하였다가 회복기에 안정시 수준으로 환원되었으며, 혈장 에피네프린 농도는 안정시에 비해 운동 직후 증가하였다가 회복기에도 계속 유지됨을 볼 수 있었다고 보고하였다.

본 연구에서는 6주간 비타민 C·B복합제 섭취군과 통제군 모두에서 혈중 스트레스 호르몬인 cortisol과 catecholamine(epinephrine & norepinephrine) 농도에서 약간의 증감(cortisol과 epinephrine은 증가, norepinephrine은 감소)을 나타내었지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 통제군의 norepinephrine에서만 실험 전에 비해 실험 후에 통계적으로 유의한 증가를 나타내었다. 사전 호르몬 농도를 공변인으로 한 보정된 평균 비교에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 보아, 비타민 C·B복합제 섭취가 고강도의 트레이닝을 하는 선수들의 혈중 스트레스 호르몬 수준에는 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

VI. 결 론

본 연구는 합숙훈련을 통해 강도 높은 트레이닝을 하는 조정선수들에게 비타민 C·B복합제를 섭취하도록 하고, 섭취 전과 섭취 후의 혈청 효소인 LDH와 CPK의 활성도에 어떠한 변화가 있는가를 비교·분석하였으며, 또한 비타민 섭취가 혈중 스트레스 호르몬인 cortisol과 catecholamine 농도에 미치는 영향을 규명하는데 그 목적이 있었으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. LDH 활성도 변화는 비타민 섭취 그룹이 실험 전 $175.40 \pm 32.14 \text{ IU/L}$ 에서 실험 후 $206.60 \pm 40.90 \text{ IU/L}$ 로 31.20 IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p < .01$) 증가하였다. 비타민 비섭취 그룹은 실험 전 $159.33 \pm 39.58 \text{ IU/L}$ 에서 실험 후 $186.17 \pm 41.80 \text{ IU/L}$ 로 26.84 IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p < .01$) 증가하였다. 그러나 실험 전 수치를 공변인으로 한 보정된 평균 차이에 있어서는 그룹간 유의한 차가 없었다.

2. CPK 활성도 변화는 비타민 섭취 그룹이 실험 전 $184.40 \pm 89.14 \text{ IU/L}$ 에서 실험 후 $416.20 \pm 182.24 \text{ IU/L}$ 로 231.80 IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p < .05$) 증가하였다. 비타민 비섭취 그룹은 실험 전 $156.33 \pm 59.24 \text{ IU/L}$ 에서 실험 후 $335.50 \pm 130.70 \text{ IU/L}$ 로 179.17 IU/L 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p < .05$) 증가하였다. 그러나 실험 전 수치를 공변인으로 한 보정된 차이에 있어서는 그룹간 유의한 차가 없었다.

3. cortisol 농도 변화는 비타민 섭취 그룹이 실험 전 $18.03 \pm 2.29 \text{ ug/dl}$ 에서 실험 후 $17.79 \pm 3.89 \text{ ug/dl}$ 로 0.24 ug/dl 감소하였으나, 통계적으로는 유의한 차가 없었다. 비타민 비섭취 그룹은 실험 전 $26.95 \pm 8.77 \text{ ug/dl}$ 에서 실험 후 $18.26 \pm 3.23 \text{ ug/dl}$ 로 8.69 ug/dl 감소하였으나, 통계적으로 유의한 차가 없었다. 또한 실험 전 수치를 공변인으로 한 보정된 차이에 있어서 그룹 간 유의한 차가 없었다.

4. epinephrine 농도 변화는 비타민 섭취 그룹이 실험 전 $49.60 \pm 33.86 \text{ pg/ml}$ 에서 실험 후 $26.00 \pm 23.48 \text{ pg/ml}$ 로 23.60 pg/ml 감소하였으나, 통계적으로 유의한 차가 없었다. 비타민 비섭취 그룹은 실험 전 $51.17 \pm 20.65 \text{ pg/ml}$ 에서 실험 후 $42.50 \pm 34.12 \text{ pg/ml}$ 로 8.67 pg/ml 감소하였으나, 통계적으로 유의한 차가 없었다. 또한 실험 전 수치를 공변인으로 한 보정된 차이에 있어서 그룹 간 유의한 차가 없었다.

5. norepinephrine 농도 변화는 비타민 섭취 그룹이 실험 전 $125.80 \pm 89.34 \text{ pg/ml}$ 에서 실험 후 $200.40 \pm 110.83 \text{ pg/ml}$ 로 74.60 pg/ml 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차가 없었다. 비타민 비섭취 그룹은 실험 전 $105.00 \pm 50.5 \text{ pg/ml}$ 에서 실험 후 $270.50 \pm 148.87 \text{ pg/ml}$ 로 165.50 pg/ml 증가하였으며, 통계적으로도 유의하게 ($p < .05$) 증가하였다. 그러나 실험 전 수치를 공변인으로 한 보정된 차이에 있어서 그룹 간 유의한 차가 없었다.

참 고 문 헌

- 강대관, 김기봉(2001). 국가대표 축구선수의 무산소운동시 크레아틴인산 효소와 젖산탈수소 효소에 대한 연구. 한국체육학회지, 40(2), 529~538.
- 김동희, 김유섭, 김원희, 조성채, 장인숙, 박종욱, 이호성(2001). 하계 자전거 투어 전후의 T/C 비율과 효소의 변화. 한국체육학회 학술발표회, 39, 474~481.
- 김영표, 김은경(2000). 수영훈련이 부신피질자극 호르몬, 코티졸, 에피네프린 및 노르에피네프린 반응에 미치는 영향. 한국체육학회지, 39(3), 401~410.
- 김정국(2001). 지구성 훈련이 심부담도와 혈청 효소에 미치는 영향. 원광대학교 대학원 석사학위논문, 10~11.
- 김진만(2001). 배드민턴 운동이 여성의 혈중지질 및 LDH, CPK에 미치는 영향. 서강대학교 교육대학원 석사학위논문, 43~44.
- 김태왕, 양점홍(2003). 여성 고령자의 규칙적인 운동이 혈청 CPK 및 LDH 활성에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(1), 753~759.
- 김태형, 임완기(2002). 음료섭취가 장시간 운동시 혈장 ACTH, Cortisol 농도 및 혈장 조절에 미치는 영향. 한국체육학회지, 41(5), 945~957.
- 김현섭(2004). 최대하 운동 후 음악 유형이 호르몬과 심박수에 미치는 영향. 대전대학교 대학원 석사학위논문, 10.
- 김현태(2003). 유도선수들의 동계훈련 프로그램이 혈중 크레아틴키나제, 젖산탈수소효소 및 코티졸에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(5), 657~666.

- 김현태, 안응남(2002). 항산화제 투여를 병행한 트레이닝 후의 격렬한 운동이 흰쥐의 MDA, LDH 동위효소에 미치는 영향. 운동영양학회지, 6(2), 115~119.
- 맹희정(2002). 근 피로 유발 후 냉요법에 따른 코티졸, 테스토스테론의 변화. 한국체육학회지, 41(3), 317~323.
- 박철빈, 이상민, 박수연(2000). 운동수행시 혈청효소 변화 분석. 경희대학교 부설 한국체육과학연구소논문집, 28, 307~322.
- 신길수, 홍성찬, 오학수, 임순길(1990). 운동생화학. 원광대학교 출판부, 134~148.
- 심준영(2002). 뇌호흡 수련이 면역세포와 스트레스호르몬 분비에 미치는 영향. 조선대학교 대학원 석사학위논문, 24~26.
- 안창식(2002). 수영선수들의 훈련 주기별 경기력과 심박수, 호르몬 및 효소의 반응. 용인대학교 대학원 박사학위논문, 3.
- 염원상(2002). 비타민 B·C 복합제와 스포츠 음료 섭취 시 피로도, 전해질, 간 기능과 갑상선 호르몬 및 혈중지질에 미치는 영향. 부산대학교 대학원 박사학위논문, 16.
- 오상덕(1999). 과부하 훈련 프로그램에 따른 코티졸, 테스토스테론의 변화. 한국체육학회지, 38(3), 523~531.
- 이진(1999). 대학 육상선수들의 안정시, 운동중 및 휴식기에 나타나는 호르몬 반응. 한국체육학회지, 38(4), 420~430.
- 이한(2001). 기후조건과 지구성 트레이닝이 면역세포 및 stress hormone에 미치는 영향. 한국체육학회지, 40(2), 683~692.
- 임용수(2004). 농구선수의 훈련기간 중 한약재 섭취가 에너지 대사 및 혈청 효소에 미치는 영향. 전남대학교 대학원 석사학위논문, 8~9, 31.

- 장용수, 강호율(2003). 저항성 운동시 운동량의 차이가 혈중 성장호르몬, 테스토스테론, 코티졸의 분비에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(2), 429~437.
- 정택조, 권소양(2003). 고강도 운동이 싸이토카인과 카테콜아민 농도에 미치는 영향. 운동과학, 12(4), 621~630.
- 조홍관(2001). 최대하 운동부하시 Caffeine 투여가 조정경기 선수의 대사성 호르몬 반응에 미치는 영향. 운동과학, 10(2), 173~182.
- 최대원, 정성환(2000). 12주간 트레이닝 방법에 따른 흰쥐의 혈청 LDH 및 CPK 활성도에 미치는 영향. 한국체육학회지, 39(3), 542~555.
- 최은택, 조성봉(1994). 심폐기능이 최대 및 최대하 운동시 혈청 젖산탈수소 효소 활성도 및 동위효소 분포비의 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지, 33(1), 355~366.
- 한정호(2003). 태권도 겨루기 시 우수선수와 비우수선수들의 스트레스 호르몬에 관한 연구. 대구한의대학교 보건대학원 박사학위논문, 16~17.
- 현송자, 윤영학(1992). 최대하운동후 혈청 LDH 및 CPK 활성의 변화에 관한 연구. 대한스포츠의학회지, 12(1), 60~71.
- Aldercrutz, H., Harkonen, M., & Kuoppasalmi, K.(1986). Effect of training on plasma anaerobic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. Int. J. Sports Med., 7, 27~28.
- Apple, F. S., Rogers, M. A., Casal, D. C, & Ivy, J. L.(1985). Creatine kinase-MB isoenzyme adaptations in stressed human skeletal muscle of marathon runners. J. Appl. Physiol., 59, 149~153.

- Apple, F. S., & Rogers, M. A.(1986). Skeletal muscle lactate dehydrogenase isozyme alterations in man and women marathon runners. *J. Appl. Physiol.*, 61, 477~481.
- Belko, A. Z., Obarzanek, E., Kalkwarf, H. J., Rotter, M. A., Bogusz, S., Miller, D., & Haas, J. D.(1983). Effects of exercise on riboflavin requirements of young women. *Am. J. Clin. Nutri.*, 37(4), 509~517.
- Bender, A. E., & Nash, A. H.(1975). Vitamin C and physical performance. *Plant Food Man*, 1, 217.
- Bigard, A. X., Brunet, A., Serrurier, B., Guezennec, C. Y., & Monod, H.(1992). Effects of endurance training at high altitude on diaphragm muscle properties. *Pflugers. Arch.*, 422(3), 239~244.
- Bonifazi, M., Bela, E., Carli, G., & Lodi, L.(1995). Influence of training on the response of androgen plasma concentrations to exercise in swimmers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 70, 109~114.
- Brenner, I., Zamecnik, J., Shek, P., & Shephard, R. J.(1997). The impact of heat exposure and repeated exercise in circulating stress hormones. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 76, 445~454.
- Cartee, G. D.(1994). Aging skeletal muscle : response to exercise. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 22, 91~120.
- Cenry, F. J. & Haralambic, G.(1982). Exercise induce loss of muscle enzymes, *International series on sport science, Biochemistry of exercise*. 13, 441~446.
- Cureton, K. T.(1972). Niacin allowance of students of a sports college. *Vopr. Pitan.*, 5, 31.

- Dressendorfer, R. H., & Wade, C. E.(1991). Effects of a 15-d race on plasma steroid levels and leg muscle fitness in runners. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23, 954~958.
- Early, R. G., & Carlson, R. B.(1969). Water soluble vitamin therapy on the delay of fatigue from physical activity in hot climatic conditions. *Int. Z. Angew. Physiol.*, 27, 43~50.
- Everse, J., & Kaplan, N. O.(1975). Mechanism of action and biological function of various dehydrogenase isozymes. In *Isozymes. Physiological function*, edited by C. L. Markert, New York ; Academic Press., 29~44.
- Farrel, P. A., Kjaer, M., Bach, F. W., & Galbo, H.(1987). Beta-endorphin and adrenocorticotropin response to submaximal treadmill exercise in trained and untrained males. *Acta. Physiol. Scand.*, 130, 619~625.
- Few, J. D., Cashmore, G., & Turton, G.(1980). Adrenocortical response to one-leg and two-leg exercise on a bicycle ergometer. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 44, 167~174.
- Fogelholm, G. M., Himberg, J. J., Alopaeus, K., Gref, C. G., Ladkso, J. T., Lehto, J. J., & Mussalo-Rauhamaa, H.(1992). Dietary and biochemical indices of nutritional status in male athletes and controls. *J. Am. Coll. Nutr.*, 11, 181.
- Fowler, W. M., Gardner, G. W., Kazerunian, H. H., & Lauvstad, W. W.(1968). The effect of exercise on serum enzymes. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation Physiology.* 49, 554~565.

- Francesconi, R. P.(1988). Endocrinological responses to exercise in stressful environments. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 16, 255~284.
- Fry, R. W., Morton, A. R., & Keast, D.(1991). Overtraining in athletes : an update. *Sports Med.*, 12, 32~65.
- Galbo, H., Holst, J., & Christensen, N. J.(1975). Glucagon and plasma catecholamine responses to graded and prolonged exercise in man. *J. Appl. Physiol.*, 38, 70~76.
- Galbo, H.(1983). Hormonal and metabolic adaptation to exercise. New York ; Thieme Stratton Inc., 8~51.
- Galbo, H., & Gollnick, D.(1984). Hormonal changes during exercise. *Med. Sports Sci.*, 17, 97~110.
- Ganong, W. F.(2001). Review of medical physiology. 20th ed. Los Altos, CA ; Lange Medical Publication, 349~368.
- Giles, D. & McClaren, D.(1984). Effects of caffeine and glucose ingestion on metabolic and respiratory functions during prolonged exercise. *J. Sports Science*, 2, 35~46.
- Gollnick, P. D., & Elliot, D. L.(1986). Enzymatic adaptation and significance for metabolic response to exercise. *Biochemistry Exercise International Series on Sports Science*, 16, 196~197.
- Guezennec, C. Y., Giaoui, M., Voignier, J. P., Legrand, H., & Fournier, E.(1986). Evolution of plasma levels of LDH, CPK and myoglobin at the of a 100km race and a triathlon. *Science and Sports*, 16, 255~260.
- Hagenfeldt, L.(1989). Turnover of individual free fatty acids in man. *Fed. Proceedings*, 34, 2230~2236.

- Hartley, L. H., Maeson, J. W., & Hogan, R. P.(1972). Multiple hormonal responses to prolonged exercise in relation to physical training. *J. Appl. Physiol.*, 33, 607~610.
- Hartman, F. A., Waite, R. H., & McCordock, H. A.(1992). The liberation of epinephrine during muscular exercise. *Am. J. Physiol.*, 262, 225~241.
- Haymes, E. M.(1983). Proteins, vitamins, and iron In M. H. Williams(ED.). *Ergogenic Aids in Sport*, Champaign, IL, Human Kinetics, 27~55.
- Heath, E. M., Wilcox, A. R., & Quinn, C. M.(1993). Effects of nicotinic acid on respiratory exchange ratio and substrate levels during exercise. *Med. Sci. Sports Exer.*, 25, 1018.
- Hensen, K. N., Knudsen, J., Brodthagen, U., Jordal, R., & Paulev, P. E.(1982). Muscle cell leakage due to long distance training. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 48, 177~188.
- Hensen, K. N., Knudsen, J., Brodthagen, U., Jordal, R., & Paulev, P. E.(1982). Muscle cell leakage due to long distance training. *J. Appl. Physiol.*, 40, 868~972.
- Holloszy, J. O., & Booth, F. W.(1976). Biochemical adaptation endurance exercise in muscle. *Ann. Rev. Physiol.*, 38, 273~291.
- Hooper, S. L., Mackinnon, L. T., Gordon, R. D., & Bachmann, A. W.(1993). Hormonal response of elite swimmers to overtraining. *Med. Sci. Sports and Exercise*, 25(6), 741~747.

- Howley, E. T.(1976). The effect of different intensities of exercise on the excretion of epinephrine and norepinephrine. *Med. Sci. Sports and Exercise*, 8, 219~225.
- Itoh, H., Ohkuwa, T., Yamazaki, Y., Shimoda, T., Wakayama, A., Tamura, S., Yamamoto, T., Sato, Y., & Miyamura, M.(2000). Vitamin E supplementation attenuates leakage of enzymes following 6 successive days of running training. *Int. J. Sports Med.*, 21(5), 369~374.
- Jennifer, M. S., & Jeffrey, B. B.(2001). Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition*, 17, 809~814.
- Jone, U. G., & Swaminathan, R.(1983). The clinical biochemistry of creatine kinase. *JIFCC*, 293, 108~114.
- Karamizrak, S. O., Ergen, E., Tore, I. R., & Akgun, N.(1994). Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 34(2), 141~146.
- Karlsson, J.(1979). Localized muscular fatigue role of muscle metabolism and substrate depletion. *Exer. Sport Sci. Rev.*, 7, 1~42.
- Keith, R. E., & Merrill, E.(1983). Effect of high dosage vitamin C intake on maximum grip strength and muscular endurance. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 23, 253.
- Keith, R. E., & Driskell(1982). Lung function and treadmill performance of smoking and nonsmoking males receiving ascorbic acid supplements. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36, 840.

- Keren, G., & Epstein, Y.(1980). The effect of high dosage vitamin C intake on aerobic and anaerobic capacity. *J. Sports Med.*, 20, 145.
- Kinderman, W.(1982). Catecholamine, growth hormone, cortisol, insulin, and sex hormone in anaerobic and aerobic exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 49, 382~399.
- King, S. W., Statland, B. E., & Savory, J.(1976). The effect of a short burst of exercise in activity reflect values of enzymes in sera of healthy young men., *Clinica. Chemica. Acta.*, 72.
- Kirwan, J. P., Costill, D. L., Flynn, M. G., Mitchell, J. B., Fink, W. J., Neuffer, P. D., & Houmard, J. A.(1988). Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Med. Sci. Sports and Exercise*, 20, 255~259.
- Kjaer, M.(1988). The effects of physical training on the capacity to secrete epinephrine. *J. Appl. Physiol.*, 64(1), 11~16.
- Komulainen, J, Johanna K., & Vihko V.(1994). Running-induced injury and myocellular enzyme release in rats. *J. Appl. Physiol.*, 77(5), 2299~2304.
- Komulainen, J., Takara, T. E., & Vihko, V.(1995). Does increased serum CK activity reflect exercise-induced muscle damage in rats. *Int. J. Sports Med.*, 16(3), 150~154.
- Kotchen, T., Loren, A., Hartley, H., Rice, T. W., Edward, H., Lee, M., Roy, G., & Mason, J.(1971). Renin, norepinephrine, and epinephrine responses to graded exercise. *J. Appl. Physiol.*, 31, 178~184.

- Lavoie, J. M., Cousineau, D., Peronnet, F., & Provencher, P. J.(1983). Metabolic and hormonal responses of elite swimmers during a regular training session. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 50, 173~177.
- Lehmann, M., Foster, C., & Keul, J.(1993). Overtraining in endurance athletes : a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25, 854~862.
- Lehninger, A. J.(1982). *Principles of biochemistry*. New York : Worth Pub., 384.
- Lijnen, P., Hespel, P., Fagard, R., Lysens, R., Eynde, E., Goris, M., Goossens, W., Lissens, W., & Amery, A.(1988). Indicators of cell breakdown in plasma of men during and after a marathon race. *Int. J. Sports Med.*, 9(2), 108~113.
- Lijnen, P., Hespel, P., Oppens, S. V., Fiocchi, R., Goossens, W., Eynde, E. V., & Amery, A.(1986). Erythrocyte 2, 3-diphosphoglycerate and serum enzyme concentrations in trained and sedentary men. *Med. Sci. Sports and Exerc.*, 18(2), 174~179.
- Magazanik, A., Shapiro, Y., Meytes, D., & Meytes, I.(1974). Enzyme blood levels and water balance during a marathon. *J. Appl. Physiol.*, 36, 214~217.
- Mason, J. W., Hartley, L. H., Kotchen, T. A., Mougey, E. H., Ricketts, P. T., & Jones, R. G.(1973). Plasma cortisol and norepinephrine responses in anticipation of muscular exercise. *Psychosom. Med.*, 35, 406~414.
- Murray, R., Bartoli, W. P., & Eddy, D. E.(1995). Physiological and performance responses to nicotinic-acid ingestion during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27, 1057.

- Murry, R. K., Mayes, P. A., Granner, D. K., & Rodwell, V. W.(1990). Harper's Biochemistry. London : Prentice-Hall International Inc, 103~166.
- Nowak, R. K., Knudsen, K. S., & Schulz, L. O.(1988). Body composition and nutrient intake of college men and women basketball players. J. Am. Diet Assoc., 88, 575.
- O'Connor, P. J., Morgan, W. P., Raglin, J. S., Barksdale, C. M., & Kalin, N. H.(1989). Mood state and salivary cortisol levels following overtraining in female swimmers. Psychoneuroendocrinology, 14, 303~310.
- Ohkuwa, T. & Miyamura, M.(1986). Plasma LDH activity and LDH isozymes after 400M and 3,000M runs in sprint long distance runners. J. Sports Med., 26, 362~368.
- Power, S. K., Lawler, J., Criswell, D., Lieu, F. K., & Dodd, S.(1992). Alteration in diaphragmatic oxidative and antioxidant enzymes in the senescent Fischer 344 rats. J. Appl. Physiol., 72(6), 2317~2321.
- Powers, H. J., Bates, C. J., Downes, R., Brubacher, D., Sutcliffe, V., & Thurhill, A.(1988). Running performance in Gambiachildren : effects of water-soluble vitamins or iron. Eur. J. Clin. Nutr., 42, 895.
- Rokitzki, L., Hinkel, S., Klemp, C., Culfi, D., & Keul, J.(1994). Dietary, serum and urine ascorbic acid status in male athletes. Int. J. Sports Med., 15, 435.

- Roti, S. Iori, E., Guiducci, U., Emanuele, R., Robuschi, G., Bandini, P., Gnudi, A., & Roti, E.(1981). Serum concentrations of myoglobin, creatine phosphokinase and lactic dehydrogenase after exercise in trained and untrained athletes. *J. Sports Med.*, 21, 113~118.
- Sanders, T. M., & Bloor, C. M.(1975). Effect of repeated endurance exercise on serum enzyme activities in well conditioned males. *Med. Sci. Sports*, 7, 44~47.
- Sharp, R. L., Costill, D. L., Pink, W. J., & King, D. S.(1986). Effect of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *Int. J. Sport Med.*, 7, 13~17.
- Stansbie, D. A, Ston, J. P. Dallimore, N. S., Williams, H. M. S., & Willis, N.(1983). Effect of exercise on plasma pyruvate kinase and creatine kinase activity. *Clinical Chemistry of Acta*, 132, 127~132.
- Strydom, N. B., Kotze, H. F., & van der Walt W. H.(1976). Effect of ascorbic acid on rate of heat acclimatization. *J. Appl. Physiol.*, 41, 202.
- Tarnopolsky, M. A., Atkinson, J. D., McDougall, D. G., & Sutton, J. R.(1989). Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. *Med. Sci. Sports and Exercise*, 21, 418~424.
- Tharp, D. G.(1975). The role of glucocorticoid in exercise. *Exer. Sports, Aci. Review*, 7, 6~10.
- Tremblay, A., Boiland, F., Breton, M., BesSette, H., & Roberge, A. G. (1984). The effects of a riboflavin supplementation on the nutritional status and performance of elite swimmers. *Nutr. Res.*, 4, 201.

- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W.(1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med.*, 20, 251~276.
- van der Beek, E. J., van Dokkum, W., & Schrijver, J.(1990). Controlled vitamin C restriction and physical performance in man. *J. Am. Coll. Nutr.*, 13, 629.
- Vanhelder, W. P., Randski, M. W., Goode, R. C., & Casey, K.(1985). Hormonal and metabolic response to three types of exercise of equal duration and external work output. *Eur. J. Appl. Physiol. Occu. Physiol.*, 54(4), 337~342.
- Virk, S, Dunton, N. J, Young, J. C, & Leklem, J. E.(1999). Effects of vitamin B-6 supplementation on fuels, catecholamines, and amino acids during exercise in men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31, 400~408.
- Willmore, J. H., & Costill, D. L.(1988). Training for sports and activity: The physiological basis of the conditioning process. 3rd ed, Iowa : Brown Co, 148~151.

감사의 글

그동안 본 논문이 완성되기까지 한결같이 지켜봐주시며 힘과 용기를 주신 모든 분들께 감사의 말씀을 전해드리고자 합니다.

먼저 본 논문이 완성될 수 있도록 아낌없이 지도를 해주신 신군수 지도교수님께 감사드리며 제 논문 연구에 많은 관심을 가져주시고 심사 과정에 많은 조언을 해주신 박형하 교수님과 김용재 교수님께 감사드립니다.

또한 본 연구를 위하여 실험을 할 수 있도록 기꺼이 배려해 주시고 도움을 주신 부경대학교 조정선수와 팀 지도자에게 감사드립니다.

마지막으로 제 인생의 영원한 버팀목이 되어 줄 사랑하는 부모님과 아내와 가족께 감사드립니다. 가족들의 따뜻한 사랑과 관심이 제가 논문을 완성하기까지 많은 도움이 되었습니다. 가족들의 사랑에 감사하며 이에 부끄럽지 않도록 항상 최선을 다해 열심히 살아가겠습니다.

이 외에 제가 언급하지 못한 고마운 분들이 너무나 많습니다. 그분들의 이름을 모두 되새기지 못함을 죄송하게 생각하며 깊은 감사의 마음으로 제 마음을 대신하고자 합니다.

2005년 8월 김 진 환