creative commons

COMMONS DEED

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

dCollection

[UCI]I804:24011-200000235848

*2008*년 *2*월

석사학위논문

Caffeine 급성투여가 태권도 선수의 최대운동시 혈중 젖산, 암모니아 및 *Hemoglobin* 농도에 미치는 영향

조선대학교 대학원

체 육 학 과

김 명 석

Caffeine 급성투여가 태권도 선수의 최대운동시 혈중 젖산, 암모니아 및 *Hemoglobin* 농도에 미치는 영향

The Effects of Acute Administration of Caffeine on Blood lactic acid, ammonia and Hemoglobin Following Maximal Exercise in Taekwondo Players

*2008*년 *2*월

조선대학교 대학원

체 육 학 과

김 명 석

Caffeine 급성투여가 태권도 선수의 최대운동시 혈중 젖산, 암모니아 및 *Hemoglobin* 농도에 미치는 영향

지도교수 위 승 두

이 논문을 체육학 석사학위신청 논문으로 제출함

*2007*년 *10*월

조선대학교 대학원

체 육 학 과

김 명 석

김명석의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수

위　원 조선대학교 교수

위　원 조선대학교 교수

*2007*년 *11*월

조선대학교 대학원

<목 차>

I. 서 론 ····· *1*

1. 연구의 필요성 ····· 1
2. 연구의 목적 ····· 4
3. 연구의 가설 ····· 4
4. 연구의 제한점 ····· 4
5. 용어정의 ····· 5

II. 이론적 배경 ····· *7*

1. 운동능력향상 보조물 ····· 7
2. 호르몬제 ····· 9
3. 약 물 ····· 14
4. 카페인의 흡수・대사・방출 ····· 19
5. 카페인의 활성 기전 ····· 21
   1) 아데노신(adenosine)수용체에 대한 길항작용 ····· 21
   2) 자유지방산의 수치 ····· 22
   3) 에피네프린(epinephrine)의 유리와 중추신경계에 미치는 영향 ··· 23
6. Caffeine이 운동수행 능력에 미치는 영향 ····· 24
7. 트레이닝과 심폐지구력 ····· 26
8. 트레이닝과 심박수 ····· 28
9. 트레이닝과 최대산소 섭취량 ····· 29
10. 운동처방의 원리 ····· 30
11. 운동처방의 요소 ····· 32

12. 운동처방의 방법 ····· 34
13. 운동과 심폐기능의 변화 ····· 38
1) 운동과 최대산소섭취량 ····· 38
2) 운동과 심박수 ····· 39
14. 운동과 체력의 변화 ····· 39
1) 운동과 근력 ····· 39
2) 운동과 근지구력 ····· 40
3) 운동과 유연성 ····· 40
III. 연구방법 ····· *41*
1. 연구대상 ····· 41
2. 카페인 투여방법 ····· 41
3. 운동부하 방법 ····· 42
4. 혈액채취 및 분석 방법 ····· 42
5. 자료처리 방법 ····· 43

IV. 연구결과 ····· *44*
1. 혈중 젖산 농도의 변화 ····· 44
2. 혈중 암모니아 농도의 변화 ····· 46
3. 혈중 Hemoglobin 농도의 변화 ····· 48

V. 논 의 ····· *51*

VI. 결 론 ····· *55*

<표 목차>

<표 1> 운동능력 향상 보조물의 종류와 기대하는 주요 작용기전 ····· 8

<표 2> 대상자들의 신체적 특성 ····· 41

<표 3> 혈중젖산 농도의 변화 ····· 45

<표 4> 혈중 젖산 농도에 대한 반복측정분산분석 결과 ····· 46

<표 5> 혈중 암모니아농도의 변화 ····· 47

<표 6> 혈중 암모니아 농도에 대한 반복측정분산분석 결과 ····· 48

<표 7> 혈중 헤모글로빈 농도의 변화 ····· 49

<표 8> 혈중 암모니아 농도에 대한 반복측정분산분석 결과 ····· 50

<그림 목차>

<그림 1> 혈중 젖산 농도의 변화 ····· 45

<그림 2> 혈중 암모니아 농도의 변화 ····· 47

<그림 3> 혈중 헤모글로빈 농도의 변화 ····· 49

ABSTRACT

The Effects of Acute Administration of Caffeine on Blood lactic acid, ammonia and Hemoglobin Following Maximal Exercise in Taekwondo Players

Kim Myung-seok
Advisor : Prof. Wee Seung-Doo
Department of Physical Education,
Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was examine the effect of acute administration of caffein on blood lactic acid, ammonia and hemoglobin following maximal exercise in Taekwondo player. 20 subjects(Taekwondo player : n=10, non athletes : n=10) who were devided group (Taekwondo player and non-athletes) and two caffeine administration(Taekwondo player and non-athletes). Each subject in experimental groups was administration of caffeine(6mg/kg) before exercise. Blood samples was collected pre-exercise, post-exercise, and recovery phase 30min. All data were analyzed by repeted ANOVA of SPSS.

The results were summarized as follows :

1. blood lactic acid levels were significant differences between caffeine

administration and placebo administration in Taekwondo player group and non-athletes group.
blood lactic acid recovery rate in caffeine administration were highly than placebo administration. But there were no significant differences.

2. blood Ammonia levels were significant differences between caffeine administration and placebo administration in Taekwondo player group and non-athletes group.
blood Ammonia recovery rate in caffeine administration were highly than placebo administration. But there were no significant differences.

3. blood Hemoglobin levels were no significant differences between caffeine administration and placebo administration in Taekwondo player group and non-athletes group.
blood Hemoglobin recovery rate in caffeine administration were highly than placebo administration. But there were no significant differences.

In conclusion, These data suggest that the acute administration of caffeine could be inhibited the genesis of central fatigue and improve endurance performance as ergogenic aids.

I. 서 론

1. 연구의 필요성

운동 경기력 향상 보조물(ergogenic aids)은 운동수행능력을 개선시키거나 향상시키기 위해 사용하는 여러 가지 물질이나 처치들을 말하는데(Morgan,1972), 그 대표적인 물질이 카페인 이다.

카페인은 흥분제의 일종으로 methylasthines라고 불리는 일종의 화합물로써 위장을 통해 인체에 신속히 흡수되고 흡수 30-120분에 최고의 농도에 도달하는데, 생체에서의 작용은 매우 복잡하다.

카페인은 운동보조물의 하나로 중추신경계와 내분비계를 자극하여 집중력을 향상시키며, 반응시간의 감소 및 피로의 지연 등을 목적으로 사용되고 있는데(Spriet, 2000; Terjung et al, 2000).

국제올림픽위원회(IOC)에 의해서 1962년에 금지된 후 1972년 다시 금지약물 리스트에서 제외시켰다. 1984년 IOC는 또다시 카페인 주사나 좌약의 결과로 소변 내 12 Ug/ml 이상이면 금지될 수 있게 하였다.

카페인은 운동 시 유리 지방산의 이용을 증가함으로써 지구성 운동 수행능력을 강화하지만, 중추신경계의 자극으로 불안, 두통, 불면증 등을 유발하며(정일규, 1997). catecholamine 분비를 자극하고, lipase를 활성화해서 저장지방의 분해를 촉진하는데, 이는 싸이클릭-아데노신 일인산(cAMP)을 자극하여 Lipoprotein lipase(LPL)를 활성화시킴으로써 혈청 유리지방산(free fatty acid:FFA)의 산화를 증가시키며, phosphodiesterase 활성을 저해하여 지방세포 내 cAMP량을 증가시켜 지방을 분해한다(Giles et al, 1984). 따라서 근육 내 유리지방산의 흡수가 증가하여 해당 작용(glycolysis)을 억제함으로써 탄수화물의 이용률을 감소시킨다.

세포 단위에서 카페인의 작용기전은 매우 다양하게 설명되는데. 카페인은 근형질세망(sarcoplasmic reticulum)으로 부터 Ca++유리를 증가시켜 근

필라멘트인 actin과 myosin의 친화력이 증가 하며, 이로 인하여 근수축력이 증가되며(Su & Hasselbach,1984; 고기채 등, 1999), 지방분해를 억제하는 adenosine 수용체에 카페인이 길항작용을 하여 지방분해가 촉진된다고 알려져 있다(Biaggioni 등, 1991).

카페인이 지구성 운동을 증가시킨다는 연구결과는 많이 보고되어 있는데, 지구력을 증가시키는 카페인의 기전으로는 카페인이 유리지방산(free fatty acid)의 동원을 증가시킴으로써 근육의 glycogen을 절약하여 지구성 운동능력을 향상시킨다고 알려져 있다(Ivy et al., 1979; Spriet et al., 1992).

지구성 운동능력은 에너지대사, 최대산소 섭취량, 그리고 근육 중의 글리코겐 농도 등 여러 인자에 의해 영향을 받는다. 카페인이 운동수행에 미치는 영향에 대한 연구 결과는 운동 강도와 피검자의 운동 상태, 카페인의 투여량과 투여방법 등에 따라 차이가 있지만 단기간의 고강도에는 별 차이가 없으나 30분 이상의 장시간 운동 시 카페인은 혈중 유리지방산의 농도를 증가시켜 근육의 glycogen을 절약하여 운동 수행을 증대시키는 것으로 알려져 있다(Dodd et al., 1993). 그러나 Alves 등(1995)은 싸이클 운동 시 카페인의 투여로 혈장 카페인의 농도가 증가되었음에도 불구하고 운동시간은 증가되지 않아, 카페인이 실제 운동수행에 별다른 영향을 주지 않는다고 보고하였다.

안정 시 혈중에서의 암모니아 생성은 대부분 음식 섭취에서 기인하고 주로 단백질의 분해에 의해서 생성되며, 휴식 시 정상인의 경의 골격근의 암모니아 농도와 동맥혈의 암모니아 농도 차이는 거의 없지만, 운동 중 암모니아 생성은 주로 근육에서 이루어지고 생성량은 운동량에 따라 비례한다고 보고하고 있다(Lowenstein,1972). Wilkerson 등(1977)은 트레드밀에서 인간을 대상으로 한 실험에서 운동을 하게 되면 정맥의 암모니아 농도와 정맥의 젖산, 글루코스, 피루브산(Pyruvate)사이에 높은 상관관계가 있다고 보고하고 있다.

한편, Hemoglobin과 운동에 관련한 연구에서 Beaumont(1972)는 운동후에는 적혈구, Hematocrit치가 증가한다고 보고하였지만 이와는 반대로

Tanaka(1980)는 운동후 적혈구,Hematocrit치가 감소한다고 보고하였다. Astrand(1970)는 최대산소섭취량은 최대 1회 박출량,심장용적,Hemoglobin량과 매우높은 상관관계가 있다고 하였으며, Gardner(1975)는 낮은 수준의 Hemoglobin을 갖고 있는 사람은 유산소성 운동수행 능력이 감소함을 보고하였다. 그러나 Hemoglobin 수준이 개인의 신체적 운동능력을 결정할 수 있는 중요한 요인은 아니라고 보고하였다.

현재까지 카페인이 운동수행에 미치는 영향에 대한 연구 결과에 따르면, 카페인은 단기간의 고강도 운동에는 별 효과가 없으나 장시간 운동 시에는 혈중 유리지방산을 증가시켜 근육의 glycogen을 절약하여 운동수행을 증가시킨다는 보고가 있으나, 실제 운동수행에 별다른 영향을 주지 않으며 근력이나 지구력의 향상에 별 도움이 되지 않는다는 보고도 있어 그 작용기전의 다양함과 효과에 대하여 많은 논란의 여지가 있다.

태권도 경기는 2분 3회전의 경기시간과 1분간의 중간 휴식을 갖는 경기로써 차기, 지르기, 막기 등의 격렬한 동작으로 구성된 고강도 간헐적 형태의 운동으로서 기본적인 유산소 체력의 바탕위에 고도의 무산소 체력이 동시에 요구되는 종목으로 이선장 등(2001)은 유. 무산소 대사능력을 충분히 동원하면서 축적된 피로물질에 대한 내성을 키우거나 신속하게 제거할 수 있는 능력여부가 경기력을 결정하는 중요한 요인으로 작용한다고 보고하였다.

경기력 향상을 위한 보조물로써의 Carnitine투여, 비타민B복합체 투여 등의 효과에 대한 많은 연구들(김현영과 김기진,2002; 조홍관과 이철원,1998; 류승필 등,1998))이 있었지만 태권도선수들을 대상으로 카페인 급성투여 효과에 관한 연구는 희소한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 6 mg/kg의 caffeine을 섭취하면 국제 올림픽 위원회(International Olympic Committe)가 규정하는 이중 caffeine 농도 12 mg/kg 보다 적은 양이 배설된다는 (Tarnopolsky, 1994) 선행연구를 근거로 6 mg/kg의 caffeine섭취가 경기력 향상을 위한 보조물로써 가능성이 있는지를 알아보고자 하였다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 태권도 선수들을 대상으로 카페인 급성투여가 점증적 최대 운동 후 혈중 젖산, 암모니아 및 Hemoglobin 농도에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보고자 실행하였다.

3. 연구의 가설

본 연구의 가설은 다음과 같다.

1) 태권도 선수와 비선수간 최대운동시 혈중 젖산 농도에 차이가 있을 것이다.
2) 태권도 선수와 비선수간 최대운동시 혈중 암모니아 농도에 차이가 있을 것이다.
3) 태권도 선수와 비선수간 최대운동시 혈중 Hemoglobin 농도에 차이가 있을 것이다.

4. 연구의 제한점

본 연구는 연구대상, 실험처치, 표본, 측정도구 등에 나타나는 문제에 있어서 다음과 같은 범위와 제한점을 가진다.

1) 본 실험 대상자는 총 20명으로 태권도선수 10명과 비운동선수 10명 총 20명으로 한정하였으며, 체급별 차이는 고려하지 못하였다.
2) 실험 대상자들의 식이를 엄격히 통제하지는 못하였다.
3) 카페인은 실험 당일 본 실험 90분 전에 경구투여하고 최대운동을 실시하였다.
3) 실험대상자들의 Condition, 긴장 등 심리적인 측면은 고려하지 못하였다.

5. 용어 정의

1) Hemoglobin(혈색소): 헤모글로빈은 1g 당 1.34ml의 산소를 운반하는 혈색소로써 정상 성인의 혈색소 농도는 혈액 100ml 당 12g-16g이다. 본 연구에서의 혈색소 농도는 혈액에 산화제를 가하면 헤모글로빈은 메트헤모글로빈(methemoglobin)을 형성하고 여기에 시안화물(cyanide)이 첨가되면 안정된 메트헤모글로빈이 형성되는데 MICROS 60-OT(ABX Diagnostics, France)장비로 측정하는 시안메트헤모글로빈(cyanmethemohlobin)법이 본 실험에 사용되었으며, 단위는 g/100ml으로 표시한 것을 의미한다.

2) Lactic acid(젖산): Finger tip에 의한 혈중 젖산농도는(YSI 1500, U.S.A)은 효소법에 의해 정량화 하였으며, 단위는 mM로 표기한 것을 의미한다.

3) Ammonia(암모니아):암모니아는(FUJI DRI-CHEM 100N : Fuji Photo Film Com, Japan)장비를 이용하여 채혈된 혈액 중 10ｕｌ의 전혈을 FDC-100N 전용 피펫으로 검체 하여 보정치 P=1.12,q=-2로 보정되어 있고 slide(NH_3-W)가 장착되어 있는 중앙에 점착하여 분석하였다. 분석처리 방식은 암모니아 속의 nitrogen 농도를 측정하는 비색검출법(calorimetric method)에 의해 분석하였으며, 농도 값은 ug/이 단위로 정량화 한 것을 의미한다.

4) 최대운동(Maximal exercise):bicycle ergometer(monark 808, Sweden)를 이용하여 실험당일 피험자는 실험 2시간 전에 실험실에 도착하여 최소 30분간 안정을 취한 후 카페인 5mg/kg을 복용한 뒤 90분 후에 50W에서 3분간 준비운동을 실시 한 뒤 2분간 휴식을 취한 다음 초기 운동 강도를 50W, 60rpm을 시작으로 매 2분마다 60rpm으로 25W씩 증가시켜 탈진상태에 도달할 때까지의 운동을 의미한다.

II. 이론적 배경

1. 운동능력향상 보조물

운동선수들은 경기에 참가하여 자신의 잠재적 역량을 최대로 발휘하고, 또한 자신의 잠재적 능력의 한계를 넘어서 승리를 얻기 위한 새로운 수단을 끊임없이 추구한다. 경기력 또는 운동수행능력을 향상시켜줄 것이라고 기대되는 물질, 기술, 장비 등을 모두 포함하여 운동능력향상 보조물(ergogenic aids)이라고 한다. 운동능력 향상 보조물에는 각종 약물, 호르몬제, 생리활성제, 영양물질, 심리요법, 역학적 이점을 주는 장비 등이 있다. 여기에서는 경구투여 또는 주사에 의해 체내에 투입되는 물질만을 설명하기로 한다. 보다 나은 성적을 거두기 위한 운동선수들의 열망은 그 효과의 입증여부와 관계없이, 그리고 부작용이 있을 가능성마저도 무시하고 보조물을 시험하고 싶은 유혹을 뿌리치기 어렵게 한다. 무수하게 많은 물질들이 운동능력 향상 보조물로 생각되고 있고 실제로 이용되고 있는데, 많은 선수들이 체력유지 또는 경기력향상에 효과가 있다고 생각하는 자신만의 '비법'을 기지고 있다. 어떤 선수가 경기 전에 특정 물질을 섭취하고 승리하였다면, 그는 자신의 성공이 그 물질을 섭취하였기 때문이라고 생각하기 쉽다. 이 '비법'은 과학적으로 전혀 입증되지 않고, 생리적 효과가 없을지라도 그 선수에게는 심리적인 약효과(placebo effect)를 발휘한다. 때로는 그 물질이 경기력향상에 전혀 도움을 주지 않거나, 오히려 해로운 것일지라도 이러한 신화는 쉽게 사라지지 않는다(서영환,2005).

어떤 물질이 실질적인 운동능력향상 보조물로 분류되려면, 그 물질이 경기력을 개선 할 수 있다는 사실이 증명되어야 한다. 그러나 이러한 물질에 대한 실험적·과학적 연구들이 이 모든 것에 대한 해답을 내려주지는 않는다. 이들 보조물이 인체 내에서 발휘할 것으로 기대되는 이론상의 효과에 근거하여 많은 연구 및 실험이 수행되고 있다. 스포츠영양 관련 기업주들이 연구결과를 부당하게 적용하며, 또 보조물의 효과를 지나치게 확대 과장하여 상업적으로 이용하는 것이 심각한 사회문제로 등장하였다.

<표 1> 운동능력 향상 보조물의 종류와 기대하는 주요 작용기전

보조물의 종류	보조물의 명칭	기대되는 주요 작용기전
호르몬제	아나볼릭 스테로이드	제지방량, 근육 증대, 근력 및 순발력 증대
	성장호르몬	근육 및 골격 증대, 지질 동원 증대
	구강피임약	생리주기 조절을 통한 월경증후군 방지와 수행력향상
	에리트로포이에틴	골수에서의 적혈구 생성 증대, 유산소성 지구력 증대
약물	암페타민	중추신경 흥분제, 피로 억제 및 집중력, 근력 증가
	베타 차단제	교감신경 억제, 심박동 억제
	카페인	중추신경 각성제, 지질동원촉진
	알코올	중추신경 억제, 통증감각 억제, 긴장 이완
	코카인	중추신경 흥분제, 환각 및 도취
생리활성제	혈액토핑	혈액량 증대, 산소운반 기능 개선
	산소 흡입	산소공급량 증대를 통한 유산소 능력 개선
	인삼	중추신경계, 항스트레스 호르몬 증가, 에너지원 저장반응
	중탄산염(인산염)	체내 산성화의 완충(산화적 인산화과정)
영양물질	비타민 B15	유산소 능력의 개선(산화효소 활성도)
	카니틴	지질 이용 증대를 통한 지구력 개선
	아스파르트산	혈중 암모니아 제거, 피로지연
	벌꿀과 로열젤리	에너지원 공급과 피로회복

2. 호르몬제

1) 아나볼릭 스테로이드

아나볼릭 스테로이드(anabolic steroid)는 1950년대 초에 남성호르몬의 하나인 안드로겐(androgen)이 결핍된 사람이나 근위축 환자를 치료하기 위한 의학적 목적으로 이용되기 시작하였다. 아나볼릭 스테로이드는 주된 남성호르몬인 테스토스테론(testosterone)과 유사한 작용을 하는데 약물이다. 테스토스테론은 근육량과 근력의 증대에 영향을 미치고, 남성의 2차 성장을 나타나도록 한다.

최근 수 년 동안의 연구를 통하여 테스토스테론에서 남성화 촉진적인 요소를 억제하고, 근육의 단백동화작용을 강화시킨 합성 스테로이드의 개발이 이루어져 왔다. 역학적인 실태조사들은 역도, 육체미, 단거리 달리기나 투척종목 등 근육량 증대와 근력·순발력의 향상이 경기력을 좌우하는 종목의 선수들에 있어 단백동화 스테로이드의 복용이 매우 광범위하게 이루어지고 있음을 확인하고 있다. 한때는 국제적 수준의 역도 및 육상 투척종목 선수의 80%가 아나볼릭 스테로이드를 복용하고 있다고 보고되었으며, 많은 사람들은 이것도 보수적인 수치라고 생각했다(서영환, 2005).

여자선수들의 경우에는 아나볼릭 스테로이드의 근량 증대 및 근력 증대 효과가 특히 현저하기 때문에 근력과 순발력의 상대적인 우위를 확보하기 위한 수단으로서 이 합성 호르몬제를 이용하고 있다. 심지어는 지구성 종목의 선수들도 이 호르몬제를 사용하는 경우가 10% 정도인 것으로 보고된 바 있다. 지구성 종목의 선수들이 스테로이드 호르몬을 사용하는 이유는 적혈구 생성을 촉진하는 작용을 기대하기 때문이다.

(1) 효과에 대한 연구

일정량 이상의 아나볼릭 스테로이드 투여가 생리적 측면이나, 수행력 측면에 어떠한 영향을 미치는가에 대해서는 이 약제가 개발된 이후 주된 연구주제가 되어 왔다. 그 효과에 대해서는 초기의 많은 연구들이 상반된 결

론을 내렸으나, 보다 후기의 연구들은 아나볼릭 스테로이드가 근조직량과 제지방량의 증가, 근력의 향상에 미치는 효과를 대체로 인정하는 결과를 보고하고 있다. 그러나 그 효과를 기대할 수 있는 스테로이드 투여량의 역치가 존재하여 다량을 복용했을 때만 실질적인 제지방량의 증가가 나타나게 된다는 사실이 밝혀졌다.

아나볼릭 스테로이드가 적혈구 생성을 촉진시켜 최대 유산소 능력의 향상에 효과가 있을 것이라는 가설은 실제적으로 잘 통제된 여러 연구들을 통해서 부정되고 있다. 즉, 아나볼릭 스테로이드의 복용은 최대산소섭취량과 지구성 능력을 증가시키지 않는다는 것이 밝혀지고 있다. 아나볼릭 스테로이드가 심한 운동으로부터의 피로회복을 촉진시킨다는 이론은 현재로서는 충분한 연구에 의해 뒷받침되지 않고 있다.

(2) 아나볼릭 스테로이드 사용의 위험성

아나볼릭 스테로이드로부터 얻을 수 있는 수행력향상의 잠재적인 가능성을 훨씬 능가하는 부작용이 명백히 밝혀지고 있다. 특히, 다량의 복용은 정상적인 테스토스테론 분비 기능이 장기적인 손상을 미칠 수 있다. 즉, 아나볼릭 스테로이드의 사용은 성선(고환, 난소)의 기능과 발달을 조절하는 성선자극 호르몬의 분비를 억제한다. 남성에게서 성선자극 호르몬의 감소는 고환위축과 테스토스테론(testosteron) 분비 감소 및 정자수를 감소시키는 원인이 되며, 전립선 비대가 초래될 수 있다. 여성의 경우에는 성선자극 호르몬의 분비억제로 인해 배란과 에스트로겐(estrogen) 분비가 방해를 받고 생리의 이상, 남성화 현상이 나타나게 된다.

만성적인 스테로이드 사용은 고밀도 지단백(HDL-C)의 현저한 저하를 초래하고, 그로 인한 심장질환의 위험성을 높여준다. 또한, 간기능 저하를 초래할 수 있으며, 간종양 발생의 위험성이 높아질 수 있다. 아나볼릭 스테로이드의 사용은 공격적인 심리적 충동을 유발시키는 것으로 알려지고 있다.

1987년 미국 스포츠의학회에서는 아나볼릭 스테로이드의 사용과 관련하여 다음과 같은 입장을 표명한 바 있다.

① 아나볼릭 스테로이드는 적절한 식이와 훈련과 병행할 때 체중을 증가시키며, 흔히 제지방량을 증대시키는 데 도움을 줄 수 있다.

② 고강도의 운동과 적절한 식이를 통해 얻어진 근력향상은 개인에 따라서는 아나볼릭 스테로이드 복용에 의해 증가할 수 있다.

③ 아나볼릭 스테로이드는 유산소성 파워나 유산소성 능력을 증가시키지 않는다.

④ 아나볼릭 스테로이드는 이것을 사용하는 치료요법 분야와 제한된 연구분야에 의해서 간과 심혈관계, 생식계와 심리적 상태에 부작용을 초래할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 보다 많은 연구에 의해 명백히 규명되기 전까지는 아나볼릭 스테로이드 복용에 따른 잠재적 위험성이 치료요법 분야에서 고려되어야 한다.

⑤ 운동선수에 의한 아나볼릭 스테로이드의 복용은 스포츠단체에 의해 마련된 규칙과 윤리에 위배 되는 것 이며, 미스포츠의학회(ACSM)는 이러한 규칙과 입장을 지지한다.

2) 성장호르몬

성장호르몬(growth hormone ; GH)은 1980년대 중반 유전학적으로 합성된 호르몬이 도입되면서 훈련 보조물로서 아나볼릭 스테로이드를 대체하여 사용되기 시작하였다.

성장호르몬은 체내에서 골격근 단백질의 합성과 뼈의 성장, 지방조직에서 지방동원, 혈중 글루코스 증가 등의 생리적 작용을 한다. 이러한 생리적 작용 때문에 근육발달 및 에너지 대사기능의 향상을 기대하는 선수들에게 매력적인 운동능력 향상의 보조물로서 생각되고 있다. 약물테스트(doping test)에서 합성 성장호르몬(GH)은 체내의 자연적인 성장호르몬과 실별이 쉽지 않다는 점에서도 아나볼릭 스테로이드 대신 이 호르몬제를 선호하는 경향이 생기게 되었다.

(1) 효과에 대한 연구

60세 이상의 노인에 대해 성장호르몬제 투여가 제지방조직과 골밀도 증가시키고, 지방조직을 현저하게 감소시켰다고 보고된 바 있다. 수행된 젊은 대상자에 대한 연구에서 6주간 고단백식이와 함께 저항운동을 부과하고, 그 기간 동안 성장호르몬과 위약(placebo)을 투여했을 때, 두 집단 모두 체지방 감소와 제지방의 현저한 증가 현상을 보였으나, 성장호르몬 투여 집단과 위약투여 집단간에 체구성 변화의 차이는 발견할 수 없었다.

한편, 12주간의 저항운동 시 성장호르몬 투여 집단이 위약 집단에 비해 제지방조직과 신체 단백질 합성율이 증가하였으나, 특정 근육 즉 대퇴사두근에 있어서는 근육량, 근력 등에서 두 집단간 차이가 없었다고 하였다.

(2) 성장호르몬제 사용의 위험성

성장호르몬의 과다 사용은 손, 발, 머리 등의 뼈가 기형적으로 확장되는 말단비대증(acromegaly)을 초래할 위험이 있다. 또한, 심장질환과 고혈압, 글루코스 내성(glucose tolerance)의 저하로 인한 당뇨병이 성장호르몬제 사용과 관련되어 있다.

3) 구강피임약

출산의 조절을 위해 사용되는 구강 피임약은 여성호르몬제인 에스트로겐과 프로게스테론(progesteron)을 합성한 것으로서 배란을 막음으로써 피임을 가능하게 한다. 때때로 생리적 주기에 의해 수행력과 경기력의 저하를 경험하는 여자선수들에 의해 사용된다. 생리적 주기에 의해 영향을 받는 선수들은 대체로 월경 3~5일 전 정신적·육체적 증상인 월경증후군(PMS)에 시달린다.

일부 선수들은 월경의 초기단계에 수행력이 특히 향상되는 현상을 경험하기도 하는데, 이러한 선수는 경기 수개월 전부터 경기 10일 전까지 소량의 피임약을 복용한다. 출혈은 약물을 중단한 3일 이내에 볼 수 있다. 이러한 방법이 수행력 저하의 방지나 수행력 개선에 미치는 효과를 조사한

연구는 많지 않다. 이 약물의 사용은 메스꺼움, 체중증가, 고혈압, 간종양 등의 위험성을 높인다. 또한, 혈액응고로 인한 혈전생성, 뇌졸중, 심질환의 위험과도 관련이 있으며 특히, 흡연여성의 경우에 그 위험성은 크게 증가한다.

4) 에리트로포이에틴

에리트로포이에틴(erythropoietin)은 신장으로부터 분비되는 호르몬으로서 혈중 산소분압의 감소에 의해 분비가 자극되어 골수로부터의 적혈구 생성을 자극하는 작용을 한다.

이 호르몬은 고지대의 저산소상태에서 훈련할 때 적혈구 생성량의 증가와 관계되어있다. 즉, 혈중 산소분압의 감소에 의해 초래된 장기적인 체내 저산소상태(hypoxia)는 신장으로부터 에리트로포이에틴(erythropoietin)이라는 호르몬의 분비를 자극하는데, 이 호르몬은 적색 골수에서의 적혈구 생성을 촉진한다. 비교적 최근에 이 호르몬을 유전공학적 방법에 의해 만들 수 있게 되었으며, 유럽을 중심으로 한 사이클 등 지구성 운동선수들에 의해 사용되고 있다.

(1) 효과에 대한 연구

잘 훈련된 대상자의 피하조식에 소량의 에리트로포이에틴을 추여한 결과 6주 후 혈액 중 헤모글로빈 농도와 헤마토크리트(hematocrit)가 10% 증가하였으며, 최대산소섭취량과 트레드밀에서의 탈진상태에 이르는 시간이 현저히 증가하였다고 하였다.

이러한 결과를 확인하는 후속 연구는 많지 않으나 대체로 혈중 헤모글로빈 농도의 증가현상을 보고하고 있다. 그러나 헤모글로빈의 증가가 최대산소섭취량과 운동지속시간의 증가와 직접적으로 관련되어 있다는 것을 확인하기는 어렵다. 왜냐하면, 최대산소섭취량은 혈액의 조건보다는 심장기능, 근육의 유산소능력 등에 의한 영향을 더욱 크게 받기 때문이다.

(2) 에리트로포이에틴 사용의 위험성

지나친 적혈구 생성은 혈액 점성을 증가시키고, 그로 인한 혈액응고, 순환기능의 저하와 심장마비의 위험성을 높일 수 있다. 1990년대 초에 보고된 사이클 선수들의 사만원인이 이 호르몬제의 사용과 관련이 있다는 주장이 제기되고 있다.

아직까지 에리트로포이에틴의 분비량이 어느 정도 적혈구 생성량에 영향을 미치는가에 대한 정량적인 평가는 확인할 수 없으므로 이 호르몬제의 남용에 따른 잠재적 위험성은 매우 높다.

3. 약 물

1) 암페타민

암페타민(amphetamines)은 중추신경계에 강력한 자극효과를 주는 약물이다. 암페타민은 교감신경호르몬인 에피네프린과 노르에피네프린의 작용과 유사한 작용을 갖고 있는 교감신경 유사 아민이다. 결국, 암페타민은 혈압, 심박수, 심박출량, 대사율, 호흡수 및 혈당수준을 상승시키는 작용을 한다. 의학적 체중조절 프로그램에서는 식욕억제제로서 이용되기도 한다. 교감신경 각성효과 이외에 근피로감을 억제하고 집중력과 정신적 기민성을 증가시킨다고 생각되고 있다.

(1) 효과에 대한 연구

암페타민의 생리적 또는 심리적 작용에 대해서는 여러 연구들이 대체로 운동시 피로감의 감소, 골격근으로서의 혈류 재분배, 심박수 증가, 수축기 및 이완기 혈압 증가, 혈중 글루코스와 유리지방산 증가 등을 보고하고 있다. 이러한 작용이 경기력에 미치는 영향에 대해서, 최근의 연구는 운동지속시간의 연장, 최대 젖산축적량의 증가, 최대심박수, 근력의 증가 현상을 보고하고 있다. 운동지속시간이 연장됨에도 불구하고 최대산소섭취량에는 변화가 없는데, 이것은 정신적인 흥분작용에 의해 피로감에 대한 내성이

증가되기 때문으로 생각된다.

이러한 암페타민의 작용기전은 교감신경 말단과 부신수질에서 교감신경 호르몬(카테콜아민)의 분비를 증가시키고, 이들 호르몬의 재흡수를 억제하며, 대뇌에서 카테콜아민 수용체를 활성화시키는 것으로 알려지고 있다. 그러나 암페타민이 경기력에 미치는 효과를 확인하지 못 하였거나, 오히려 경기력을 저하시킨다고 보고하고 있는 연구도 많다.

(2) 암페타민 사용의 위험성

일반적으로 보고되고 있는 암페타민의 부작용의 두통, 착란, 환각, 식욕감퇴, 구토, 심계항진, 불안감 등이다. 다량 복용하였을 때 심박수와 혈압의 증가로 인한 심혈관계의 스트레스와 부정맥 등을 초래한다. 암페타민의 흥분작용은 정상적인 피로감에 대한 감각을 둔화시킴으로써 보다 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

암페타민은 중독성을 갖고 있으며, 장기간 사용할 때 약물내성으로 인해 점차 더 많은 양을 복용해야만 이전과 같은 효과를 낼 수 있게 된다. 과민성 신경쇠약, 일시적 불안감의 증가, 공격적 행위와 불면 등의 신경증적 증세가 암페타민 복용에 의해 나타나게 된다.

2) 베타 차단제

교감신경계 말단에서 분비되는 노르에피네프린(norepinephrine)은 표적세포의 아드레날린성 수용기에 결합함으로써 작용한다. 이 수용기에는 알파-아드레날린성과 베타-아드레날린성 수용기의 두 가지가 있다. 베타 차단제(beta-blockade)는 베타-아드레날린성 수용기들은 차단하여 교감신경계에 의한 자극효과를 크게 감소시킨다.

베타 차단제는 교감신경 억제작용을 갖고 있게 때문에 협심증, 부정맥, 고혈압 등의 치료제로서 사용되며 편두통과 불안증세 등의 치료에 광범위하게 이용되고 있다. 베타 차단제는 심리적 조절이 경기력에 큰 변수로 작용하는 사격이나 양궁과 같은 정적 운동(close skill)에 그 효과를 기대할

수 있다. 예를 들어 사격종목에서 격발의 순간은 매 심박수 사이에서 이루어질 때 그 정확도가 향상된다. 불안한 심리적 상태는 심박수를 빠르게 하며, 심박동의 순간에는 미세한 신체 움직임 때문에 조준이 흔들리게 된다. 베타 차단제는 심박수를 느리게 하기 때문에 사격선수는 격발 전에 더욱 안정된 조준에 필요한 시간을 얻게 할 것으로 기대되고 있다(서영환, 2005).

또한, 베타 차단제는 지구성 운동훈련에 대한 생리적 적응을 유발시키기 위해서 사용되기도 한다. 베타 차단제의 장기간 복용은 베타 수용기의 수를 증가시킨다는 사실이 연구를 통해 보고된 바 있다. 베타 수용기가 차단되는 경우 인체는 베타 수용기를 증가시키는 반응을 보이게 되며, 이를 통해 약물 중지 후에도 운동에 대한 교감신경계의 반응을 증가시킬 수 있다는 것이 그 이론적인 근거다.

(1) 효과에 대한 연구

사실상 운동에 앞서 일회적으로 베타 차단제를 복용할 경우 운동시 심박수와 최대심박수가 현저히 감소하고, 최대산소섭취량, 최대환기량, 최대심박출량, 혈압 등이 감소하게 되며 지구성 능력이 현저히 감퇴한다.

따라서, 유산소성 능력이 요구되는 종목의 경기력은 베타 차단제의 복용에 의해 저하된다. 베타 차단제의 장기간 복용이 유산소능력에 미치는 영향은 연구방법상의 제약 때문에 확인되지 않고 있다. 베타 차단제가 갖고 있는 운동능력향상 보조물(ergogenic aods)로서의 효과는 사격선수들에 대한 연구들에서 확인된 바 있다. 즉, 사격에 앞서서 베타 차단제의 복용은 심박수를 감소시키며, 그 결과 사격기록이 향상되었다는 연구 결과가 보고되고 있다.

(2) 베타 차단제 사용의 위험성

베타 차단제의 위험성은 주로 장기간 사용과 관련해서 나타난다. 천신(asthma)이 있는 사람은 기관지 경련이 일어날 수 있으며, 심장기능에 이상이 있는 사람은 심장마비를 초래할 수 있다. 서맥이 있는 사람의 경우에

는 베타 차단제의 복용에 의해 자극전도의 차단(심블록 : heart block)이 초래 될 수 있다. 인슐린 비의존형(Ⅱ형) 당뇨병이 있을 경우에는 베타 차단제가 인슐린 분비를 증가시키기 때문에 저혈당 증세가 초래될 수 있다.

3) 카페인

카페인은 커피, 홍차, 초콜릿, 콜라 등의 청량음료를 통해 널리 섭취되고 있다. 카페인은 암페타민과 마찬가지로 중추신경계에 작용하여 정신적 기민성고 집중력, 반응시간의 단축, 피로감의 감소, 카테콜아민 분비증가 등의 작용을 하며, 에너지 대사와 관련해서는 지방조직에서 유리지방산 동원을 촉진하고 저장지방의 이용을 증대시키는 작용을 갖고 있다.

IOC에서는 카페인의 섭취량을 제한하고 있는데, 소변 1㎖ 당 12㎍ 이상의 카페인이 검출되면 도핑으로 간주한다. 이 양은 경기를 앞두고 진한 커피 5~6잔을 마실 때 소변으로 검출될 수 있는 수준이다.

(1) 효과에 대한 연구

카페인은 유리지방산 동원을 증가시킴으로써 근글리코겐을 절약하고 지구성 운동수행능력을 향상시킨다고 일반적으로 알려지고 있다. 운동에 앞서서 카페인을 투여할 때, 운동 중 지방조직에서 지질분해의 촉진을 반영하는 혈장지방산과 글리세롤 수준이 증가 하였으며 지방 이용 증대를 반영하는 호흡상의 감소 현상이 발견되는데, 이는 지구성 수행력을 제한하는 간 및 근글리코겐의 고갈을 지연시키게 된다. 그러나, 고탄수화물식을 한 사람에게 있어서 카페인의 지방산 동원과 지질이용 촉진효과는 현저히 저하된다고 하며, 개인에 따라 카페인에 대한 반응의 차이도 상당히 크다고 보고되고 있다. 예를 들어, 상습적인 카페인 복용자에 있어서 일관성 있는 결과가 얻어지지 않는다. 또한, 카페인이 순발력과 근력이 요구되는 운동종목에서 효과를 갖는다고 보고되고 있다. 즉, 전기적 자극에 의해 발휘되는 근 수축력이 카페인 투여에 의해 증대되었다고 보고된 바 있는데, 이에 대해 제시되고 있는 한 가지 가설은 카페인이 근형질세망에 대한 투과도를 증가시킴으로써 근수축과정에 신속히 이용될 수 있도록 한다는 것이다.

(2) 카페인 사용의 위험성

카페인은 중추신경 자극제로서 작용하기 때문에, 이것에 민감한 사람에게는 두통, 불안, 신경과민, 불면증 그리고 좌심실의 기외수축을 유발할 수 있다. 하루2~3장 이상의 커피를 섭취하는 것은 심혈관질환의 위험인자인 혈중 저밀도지단백(LDL) 수준의 증가와 관련이 있다. 카페인이 갖는 이뇨작용은 열 환경에서 장시간 운동 시 체내 탈수 증상이나 열 질환의 위험성을 증가시킨다.

4) 알코올

다량의 알코올 섭취는 중추신경계를 마비시키므로 당연히 운동조절능력과 심혈관 기능의 저하로 인해 경기력이 저하된다. 그러나 소량의 음주는 운동수행능력에 도움을 줄 것이라고 잘못된 생각을 갖고 있는 경우가 많다. 그것은 알코올이 자신감을 증가시키고 보다 민첩한 동작을 가능케 하며, 근육의 떨림과 불안, 그리고 통징을 가라앉히는 효과가 있다고 생각하기 때문이다. 그러나, 연구에 의해서 실제적으로 확인된 바에 의하면 소량의 알코올 섭취도 반응시간, 조정력, 뇌의 정보처리과정, 심폐지구력, 근력과 순발력에 있어 효과가 없거나 운동저해 효과를 갖는 것으로 밝혀지고 있다.

단지 경기력이 향상되었다고 하는 것은 자신의 주관적인 느낌이며, 알코올의 중추신경 진정효과는 통감각을 둔화시키기 때문에 오히려 보다 큰 상해를 초래할 위험성이 높다. 즉, 통증은 상해를 알려주는 신호이기 때문에 이를 감지하지 못하고 신체운동을 지속할 경우에는 큰 위험을 수반한다. 특히, 알코올은 뇌하수체 호르몬인 항이뇨호르몬(ADH)의 분비를 억제하는 이뇨작용을 갖고 있어서 열 환경 운동시 탈수증과 체온조절 장애를 초래할 수 있다. 또한, 알코올은 일시적으로 체온을 상승시키지만 피부혈관을 확장시키는 작용이 있기 때문에, 추운 환경에서는 열손실을 촉진하여 더욱 심각한 체온 저하를 초래할 수 있다.

5) 코카인

코카인은 암페타민과 유사하게 중추신경계의 자극효과, 특히 교감신경을 흥분시키는 작용이 있다. 코카인은 중요한 신경전달물질인 에피네프린과 도파민(dopamine)이 분비된 후 재흡수되는 것을 막음으로써 뇌와 신체전반에 흥분작용을 일으킨다.

일부 선수는 코카인을 운동능력 향상 보조수단으로 생각하고 있다. 코카인은 자신감과 동기수준을 높이고 강한 도취감을 느끼게 한다. 암페타민과 마찬가지로 코카인은 피로와 고통을 감추고 기민성을 증가시키고 보다 생동감을 느끼게 한다.

코카인은 중독성이 가장 강한 약물 중의 하나ㅗ서 흥분, 불안, 신경과민, 환각 같은 심리적 문제를 야기하며 심한 정신착란을 초래할 수 있다. 또한, 코카인 흡입은 코의 염증을 일으키고, 에피네프린의 효과를 비정상적으로 증가시켜서 심장의 불규칙한 수축을 초래하며, 이러한 경우 운동을 하면 심장에 극심한 스트레스로 작용하여 치명적 결과를 초래하기도 한다.

4. 카페인의 흡수 · 대사 · 방출

몸 전체를 통한 카페인의 활동은 카페인의 수치와 연관되고 카페인 수치는 카페인의 흡수, 대사, 방출에 의해 결정된다. 카페인은 경구투여 이후에 100%의 생체 내 이용 효율로 위장계에서 흡수된다(Arnaud 1987). 혈중 내 카페인 농도의 최고치는 섭취 후 15분에서 120분 내에 나타난다. 이런 다양성의 주된 이유는 위를 비우는 속도가 다양하기 때문이다(Grad 1967). 경구투여에 의한 흡수는 카페인의 형태에 영향을 받지 않으며 음료, 캡슐, 쵸콜릿 등 그 형태에 상관없이 비슷한 수치를 나타낸다. 복강 내 주입 시 카페인의 흡수도 경구투여와 유사하다. 카페인의 다른 투여방법을 살펴보면 피하주사나 근육주사 그리고 지속적인 유리를 위한 고체좌약 삽입 등이 있다.

대사는 주로 간에서 일어나고 경구투여해서 혈액에 도달하기 전에 간에서 대사과정을 거친다. 카페인 대사의 주된 경로는 Xanthine 고리의 3가지 메틸그룹 중 하나인 cytochrome P450 1A2에 의한 제거와 촉매 화에 의해 시작되는데, 인간에게서 현저하게 나타나는 카페인의 대사물질은 predominant(84%)이다. 이 대사물질은 생리학적으로 활동성을 가진다. 대부분의 카페인 대사가 간에서 일어나는 반면에 뇌와 신장들을 포함한 다른 조직에서는 cytochrome P450 1A2를 생산함으로서 카페인 대사에 기여를 하게 된다(Wang, 1998).

유전인자, 이전의 카페인 섭취유무, 성별, 운동, 음식섭취상태 그리고 어떠한 약물사용 등의 다양한 요소들이 카페인 대사에 영향을 미친다. 카페인의 지속적인 사용은 cytochrome P450 1A2의 상승조정과 카페인에 대한 친화력을 증가시켜 카페인의 대사를 증가시키고 theophylline 을 paraxanthine으로 대사하는 비율을 증가시킨다. 잘 알려진 대사 물질에는 담배, 평지 과의 야채, 고농도의 flavonoid 가 함유된 음식을 섭취하는 것이 있다. 유전적으로 결정된 NAT의 활동선 저오는 카페인 대사에 영향을 주고 빠르고 느린 acetylates의 비율은 인종에 따라 다르기 때문에 국제 경기에 있어서 매우 중요한 점이다. 더욱이 운동은 cytochrome P450 1A2의 발현을 증가시키고 카페인의 혈중 치를 감소시키며 카페인의 반감기를 줄인다는 보고도 있다, 반면에 카페인 대사의 억제는 항우울제인 fluvoxamine이나, capsaicin에서 추출한 헝가리산 빨간 후추, 알코올 들을 섭취할 때 관찰되어 진다(Franke 1997).카페인 대사 중 포함된 효소들에 의해 대사 되어지는 어떤 화합물들은 잠정적으로 카페인 대사에 영향을 줄 수 있는데(Franke 1997), 인종에 따라 카페인 대사가 차이가 나고, 경구 피임약이 카페인 대사를 억제하기 때문에 이러한 요소들은 운동선수에게 카페인 섭취허용을 결정하는데 매우 중요하다(Marghand 1997).

카페인은 주로 오줌을 통하여 몸에서 빠져나간다. 섭취된 카페인의 반이 빠져 나가는 데는 3-5 시간이 걸리며 체내로 들어온 카페인 중 0.5-3%만이 대사되지 않은 채로 배설된다(Bonati, 1985). 배설되는 주된 대사물질은 탈 메틸화된 생산물이다. 배설비율은 개인마다 각기 다르기 때문에 같은

양의 카페인을 섭취하는 운동선수들이라 하더라도 소변에서 카페인이 탈메틸화된 화합물의 비율은 다르게 나타날 수 있다.

5. 카페인의 활성 기전

일반 대중들이 카페인을 많이 사용하는 것은 운동선수들이 운동능력을 개선하기 위해 카페인을 사용하는 것을 반영한다. 따라서 많은 보고서들이 카페인의 약리학적인 활성을 유도하는 기전이 무엇인지에 관해 조사해왔다, 많은 기능들이 운동중인 근육에 직접적으로 작용하는 것을 포함하는 카페인의 기능에 연관되어 있는데(Mohr 1996), 아데노신 수용체에 대한 카페인의 길항작용은 이러한 여러 가지 기능들에 아주 중요한 효과임에 틀림없다.

또한 카페인이 아데노신 수용체를 억제하는 기능이있는데, 카페인은 지방분해, catecholamine유리, cortisol유리, 칼륨 유리, 세포내 칼륨 수치 등을 증가시킨다. 그리고 cAMP phosphodiesterase의 활동성을 억제하며, 중추신경계의 활성을 유도하고 호흡환기를 증가시키며 항산화제로써 작용을 한다.

1) 아데노신*(adenosine)*수용체에 대한 길항작용

아마도 카페인의 가장 특징적인 기능은 세포표면에 존재하는 아데노신 수용체에 대한 길항작용임에 틀림없을 것이다. 이러한 기전은 20년 전에 처음으로 알려졌다(Sattin 1970). 특징적이고 확인되어진 분자적으로 규명된 네 가지 아데노신수용체들은 A_1 ,A_2 ,A_3 ,A_4 수용체들이다. 아네노신에 의해 이런 수용체들이 활성화 되면 몸 전체에 수많은 영향들을 미친다.

내인성 아데노신은 에너지요구가 에너지공급보다 많은 곳의 조직이나 세포에서 그것의 수용체를 활성화 시킬 수 있다. 운동은 이러한 에너지 불균형을 일으킬 수 있고 결과적으로 세포의 에너지(ATP)수치를 감소시키며, 아데노신 기능을 방해하고 아데노신 수치가 두드러지게 나타날 때나 나타

나는 곳에서 카페인의 활성이 증가되기 때문에 카페인의 기능은 아데노신의 기능과 대항하는 것이라고 볼 수 있다.

A_1 수용체가 활성화되면 지방분해가 억제되고 칼륨농도가 활성화되며 방실결정의 전도가 느려지고 기저부를 억제하며 신경 전도를 유발한다(Stiles 1995). A_2 수용체가 활성화되면 대뇌와 말초혈관이 확장되고 염증반응을 억제하며 선조체에서 도파민의 유리를 억제한다(Olsh, 1995). 카페인과 카페인 대사물질인 theobromine과 theophylline 아데노신 A_1 A_2 수용체의 길항물질이며 어떤 종에서는 카페인이 A_3 수용체를 약하게 만든다는 보고도 있다.

2) 자유지방산의 수치

지방의 파괴가 증가됨에 따라 나타난 자유지방산은 혈액을 떠돌아다니게 되고 글리코겐의 절약적 이용을 위한 기전을 제공한다. 이것은 체내에 저장된 탄수화물의 이용을 지연시키는데 이것이 운동적 이점을 마련하는 주된 기전이라고 생각되어 진다.

그렇지만 카페인의 글리코겐 절약효과는 대부분 인내력적인 상황의 첫 15분 동안에만 효과적이고 이러한 카페인의 기능은 부신에서의 epinephrine 유리와는 상관이 없다(Graham 1994). 카페인의 첫 대사물질인 paraxanthine은 자유지방산 형태로서의 카페인 기능과 유사한 기능을 한다(Hetzler 1990). 왜냐하면 아데노신A_1 수용체의 활성은 지방분해를 감소시키고 paraxanthine은 강력한 아데노신수용체 물질도 아니며 아데노신수용체를 억제하는 것과는 다른 기전이 paraxanthine의 기능을 설명하는데 이용하기 때문이다(Knowlton, 1990).

그런 기전 중 하나가 부신으로부터 epinephrine과 코티졸이 유리된다는 것이다. 더군다나 자유지방산의 증가는 운동 시 첫 15분 동안만 관찰되기 때문에 이러한 카페인의 기능만으로 카페인이 운동능력에 미치는 모든 기능을 설명한다고는 볼 수 없다.

3) 에피네프린*(epinephrine)*의 유리와 중추신경계에 미치는 영향

epinephrine 수치의 증가는 카페인의 운동능력 향상을 위한 중요한 기전이라 생각된다. 이러한 견해는 많은 보고서에서 나타나는데 예를 들면 카페인이 epinephrine 유리를 자극하고 결과적으로 자유지방산의 수치를 증가시킨다는 것이다. 실제로 카페인은 운동 중에 혈액의 epinephrine 수치를 2배 가까이 나타나게 한다.

그렇지만 최근 자료를 보면 자유지방산의 수치는 epinephrine이 골격근육의 혈관확장을 일으켜서 운동능력을 향상시킨다고 생각되어 지더라도 이것은 격렬한 운동에서 많은 도움이 되지는 못한다(Chesley, 1995). 왜냐하면 골격근의 혈관은 이미 대사성 소비산물로 인해 최대로 확장되어 있기 때문이다. 그래서 최근에는 epinephrine의 유리가 카페인이 운동능력을 향산 시키는 첫 기전이 아니라고 추축되어지고 있다(Kjaer, 1996).

운동에 있어 카페인의 영향 중 양을 측정하고 특정 짓는 것에 가장 어려운 점은 정신적인 침착함을 증가시키는 것이다. 운동선수들이 특정일을 하는데 필요한 에너지양을 자기 스스로 평가해서 감지된 힘을 측정할 시기에 카페인은 선수들로 하여금 힘이 덜 드는 것처럼 느끼게 한다.

이러한 영향은 운동선수들이 피로함을 덜 느끼게 하여 운동능력을 향상시킨다고 해석 할 수 있다. 비록 아직 까지 분명치는 않기만 자신이 느끼는 힘의 감소는 신경전달물질과 신경세포 사이의 신호에 의한 화학 화합물을 변화시켜 결국 중추신경계 흥분을 위한 역치 값을 증가시킨다.

신경전달이나 신경 조절계 에서 가장 잘 알려진 카페인의 효과는 중추신경계에서 아데노신의 대부분을 억제하는 기능을 막는 것이다, 전 시냅스에 있는 활성화 상태의 아데노신수용체는 칼륨과 염소 통로를 열고 N, P type의 전압관련 칼슘통로가 열리는 것을 막으며 그럼으로써 전압관연 신경전당물질의 유리를 감소시킨다(Olah, 1995) 그리하여 카페인은 아데노신수용체를 차단하고 억제 현상을 제거하여 흥분성 신경전달물질의 유리를 증가시킬 수 있고 신경흥분을 증가시킬 수 있다. Dopamine, GABA, Serotonine을 포함한 신경전달물질은 대부분 카페인의 기능과 연관되어 있다.

Dopamine은 이동 기능의 조절에 중요하고 적절한 물리적 수행능력과 밀접한 관연이 있으며 카페인의 효과는 도파민성 신호의 증가에 의해 중개되어진다. 카페인의 기능은 후 시냅스의 A_1 A_2 수용체와 마찬가지로 전 시냅스의 A_1 수용체의 억제에 의해서 나타난다. 전·후 시냅스에서 카페인의 기능은 도파민유리를 증가시키고 후 시냅스의 아데노신 수용체의 기능을 억제함으로서 도파민 산호를 증가시킨다(Meeusen, 1995). 카페인은 중추신경계의 초기 억제 신경전달물질인 GABA신호를 감소시킬 수 있다. 그러나 이것은 매우 높은 농도의 카페인에서만 일어나는 현상이기 때문에 이 기전은 운동선수들에게 제한되어 왔다. Serotonine은 지구력이 요구되는 운동선수에게 피로의 중요한 매개물질 이다. 그리고 카페인은 serotonine의 신호를 약하게 만들고 branched chain 아미노산의 대사를 감소시키며 tryptophan 과 branched chain 아미노산의 비율을 감소시켜 피로요소를 제거한다(Tarnapolosky, 1994). 그것의 다른 효과에 덧붙여 카페인은 강력한 황산화제이기도 하다. 왜냐하면 스트레스성 운동은 반응성 산소생성을 증가시키는데, 만약 카페인이 존재한다면 반응성 산소의 중간물질이 유도한 근육 손상과 회복시간이 줄어들게 된다(Bellingham, 1995). 결과적으로 카페인은 격렬한 운동 중에 VO_2 max, 분당 환기량, CO_2 민감도 등을 증가시키고 운동으로 유도된 기도수축억제를 통하여 운동선수의 호흡력을 증가시킨다. 이러한 기전을 설명하는 데는 최소한 두 가지 기전이 필요한데 하나는 호흡증가를 위한 아데노신수용체의 억제와 다른 하나는 epinephrine 유리의 증가에 따른 기도 확장의 감소이다(Schmidt 1995).

6. *Caffeine*이 운동수행 능력에 미치는 영향

지구력 운동 수행 시 caffeine은 글리코겐 소비를 절약해줌으로써 운동능력 향상효과가 있는 것으로 생각되어지며, 6 mg/kg의 caffeine 섭취 시 고강도의 운동수행 능력을 항진시키지는 않지만 지속적인 운동 수행 능력은 증가시키는 것으로 알려져 있다.

6 mg/kg의 caffeine을 섭취하면 국제 올림픽 위원회(International Olympic Committe)가 규정하는 요 중 caffeine 농도 12 mg/kg 보다 적은 양이 배설된다(Tarnopolsky, 1994).

Costill 등(1978)은 caffeine을 제거한 커피를 투여한 것보다 330mg의 caffeine을 투여 시 싸이클 선수들의 지구성 경기력이 현저하게 증가되며 caffeine은 지방분해(lipolysis)와 신경자극전달의 증가로 지구성 경기력을 증가 시킨다고 보고하였다. 운동 1시간 전에 250mg의 caffeine 섭취 시 운동량이 의미 있게 증가되었으나 포도당 투여 시는 의미 있는 운동의 증가가 나타나지 않았다. Caffeine에 의하여 지방 산화가 증가되어 caffeine의 운동 증가 효과는 지방 분해 작용(lipid catabolism)을 증가시켜 나타나는 것으로 보고되었다(Ivy 등, 1979).

Caffeine 투여 시 혈장 epinephrine은 운동 전. 후 모두 증가되었으나 norepinephrine은 영향을 받지 않아(Graham과 Spriet, 1991), caffeine의 작용은 주로 epinephrine을 매개로 그 효과가 나타나는 것으로 생각된다. 9mg/kg의 caffeine 섭취 시 싸이클 운동시간이 증가되었으며 싸이클 운동 시작 후 15분 동안 glycogenolysis가 감소되었으며, 이렇게 저장된 글리코겐(glycogen)은 운동 후기에 이용할 수 있으며 따라서 운동 시간이 지속된다. Caffeine에 의하여 근육 내 triglyceride와 근육 외의 유리 지방산 이용의 증가는 근육의 citrate와 acetyl-CoA/CoA-SH 비율을 증가시켜 안정시와 운동초기에 탄수화물의 이용을 억제하게 된다(Spriet 등, 1992).

250mg의 caffeine 섭취 시 최대운동수행능력과 혈중 젖산(lactate)이 증가되었으며(Anselme 등, 1992), Wiles 등(1992)은 caffeine이 들어 있는 3g의 커피를 섭취하였을 때 caffeine이 없는 커피 3g을 섭취 한 경우보다 트레드밀에서 1,500m 달리기에 소요되는 시간이 단축되었고 마지막 속도(finishing burst)가 증가되었으며 산소섭취량이 증가되어 caffeine은 고강도의 운동 수행도 증가시킨다고 하였다.

Caffeine의 효과는 훈련된 경우에 더욱 의미 있다는 보고도 있는데 Collomp등(1992)은 250mg의 caffeine 섭취 시 훈련된 수영선수에서는 수영속도가 의미 있게 증가되었으나 훈련되지 않은 선수에서는 속도의 증가가

나타나지 않아 caffeine의 효과는 특별한 훈련이 필요한 것으로 제시하였다.

그러나, caffeine이 실제적인 운동수행을 향상시키지 않는다는 결과도 많이 보고되었는데 Poehman 등(1985)은 훈련된 남자와 비훈련된 남자에게 300mg의 caffeine 섭취 시 비훈련자의 안정시대사율(resting metabolic rate)은 유의하게 증가되었으나 글리세롤, 유리 지방산, 호흡상, 심박동수 그리고 혈압은 훈련자와 비훈련자 그리고 규칙적으로 커피를 마시는 자와 비규칙적으로 커피를 마시는 자 사이에 아무런 변화가 없었다고 보고하였다. 7mg/kg의 caffeine 섭취 시 손의 등장성 수축(isometric contraction)의 근력과 지구력(endurance)에 아무런 영향을 미치지 않아 caffeine이 운동력을 증가시키는 물질로 사용되어 왔지만 실제 근력이나 지구력의 향상에는 도움이 되지 않는 연구결과도 있다(Williams 등, 1987).

최근에는 caffeine이나 ephedrine을 단독으로 투여 시는 지칠때 까지의 운동시간이 증가되지 않았으며 caffeine과 ephedrine을 동시에 투여 시 증가되어 caffeine에 의한 운동수행의 증가는 중추신경 자극효과에 의한 것으로 보고되었다(Bell 등, 1998).

현재까지 caffeine이 운동 수행에 미치는 영향에 대한 연구 결과를 종합해 보면 caffeine은 단기간의 고강도 운동은 별 효과가 없으나 장기간 운동 시에는 혈중 유리 지방산을 증가시켜 근육의 glycogen을 절약하여 운동 수행을 증가시킨다는 보고가 있다. 한편, caffeine이 실제 운동 수행에 별다른 영향을 주지 않으며 근력이나 지구력의 향상에 별 도움이 되지 않는다는 보고도 많이 있어 그 작용기전의 다양함과 같이 효과에 대해서도 아직 논쟁의 여지가 있다.

7. 트레이닝과 심폐지구력

심폐지구력은 전체로서의 신체와 관련되어 있다. 특히 장기간의 리드미컬한 운동을 오래 지속하는 능력을 나타낸다. 이와 같은 지구력 형태는 상당히 빠른 페이스로 진행 할 수 있는 사이클, 수영, 테니스 등이 그 좋은

예이다. 심폐지구력의 크기는 심장 혈관과 호흡계통의 기능향상과 높은 관련이 있으며, 따라서 이것은 유산소성 능력의 향상을 나타낸다(장주원, 2005).

심폐지구력은 많은 사람들에 의하여 가장 중요한 체력요소로 간주되고 있다. 그것은 운동선수의 피로에 대한 중요한 방어요소이다. 지구력이 낮은 사람은 가벼운 스포츠나 활동 시에 쉽게 피로에 빠지게 된다. 어떤 선수에 있어서는 스포츠나 신체활동에 관계없이 피로가 최대경기력을 방해하는 중요한 요소가 된다. 가벼운 피로도 근지구력감소, 민첩성과 신경근 조절 작용의 감소 등 선수의 경기력을 저해하는 영향을 미치게 된다. 적당한 심폐지구력 트레이닝은 어떠한 스포츠에서도 전체적인 트레이닝 프로그램의 기초가 되어야 한다(이승국 등, 1994).

근육내의 미토콘드리아 증가 및 근섬유의 호흡능력 증가를 포함한 근육에서의 적응은 장시간의 고강도 훈련수행 능력과 밀접한 관련성을 가지는 것으로 심폐지구력은 18개월간의 강도 높은 지구성 훈련이 있어야 최대치에 도달할 수 있지만 계속적인 지구성 훈련을 할 경우에는 보다 향상된 심폐지구력을 나타낼 수 있다고 보고하였다(Ament et al., 1997).

Atkinson 등(1977)은 심폐지구력에 관여하는 최대산소섭취량의 제약 요인으로 호기중의 산소함량, 폐환기량, 헤모글로빈의 산소 확산, 헤모글로빈의 양, 혈액량, 심장의 혈액 박출량, 근조직의 혈액 유입능력, 모세혈관으로부터 활동세포의 산소확산, 정맥혈 회귀, 근신경의 기능 및 동기유발 등을 들고 있다. 그리고 최대산소섭취량은 심폐지구력의 평가 지표라고 하였다. 분당 100회 정도의 규칙적인 심장박동은 동방결절에 신경이나 호르몬이 아무런 영향을 주지 않아도 일어날 수 있다. 이것은 동방결절이 본래부터 가지고 있는 자율적인 방전리듬에 의한 것으로 내인성 조절(intrinsic regulation)이라고 한다.

그러나 동방결절은 정상적인 상태에서 자율신경계의 영향을 계속적으로 받고 있기 때문에 심박수는 이보다 훨씬 낮거나 높을 수 있다. 이러한 명령은 연수의 심혈관 중추에서 발생되어 교감신경과 부교감신경을 통하여 전달된다. 심혈관 중추는 혈관·관절·근육 등에 위치한 화학 수용기 및

기계적인 수용기와 같은 말초 수용기로부터 받아들인 감각정보와 대뇌피질로부터 받아들인 정서적인 상태에 따라 적절한 명령을 내린다. 이처럼 심장근 자체의 고유한 리듬과 전도성은 주로 자율신경계의 부가적인 영향에 의하여 변화될 수 있는데, 이를 심박수의 외인성 조절(extrinsic regulation)이라고 한다(Hursh, 1972).

8. 트레이닝과 심박수

인간의 안정 시 심박수는 남자는 65~75 beat/min이고 여자는 70~80 beat/min이다. 개중에는 이 범위를 벗어나는 사람도 있고, 발열 시나 정신적으로 긴장할 때에는 누구든지 심박수가 높아진다. 운동으로 심체를 단련하면 안정 시 심박수는 일반적으로 낮아진다(Huston et al., 1981). 또한 심박수는 신체적 스트레스나 주위환경, 정서적 흥분상태, 피로상태 등에 따라서 민감한 반응을 보이며(Lowenstein, 1972), 주위 환경의 조건에 따라 많은 영향을 받는 요소로 고온(환절기)환경에서는 열 스트레스의 증가에 따라 발한율 및 심폐계의 반응이 증대된다고 하였다(Gaesser, 1999).

운동 시 심박수의 증가는 활동 근의 근방추 및 관절낭의 수용기에서 발생된 임펄스(impulse)가 뇌의 심장조절 중추에 전달되어 심장박동을 느리게 하는 미주신경(vagal nerve)을 억제시킴으로써 처음 증가되며, 또한 혈액이 우심방으로 더욱 많이 귀환하는데 따른 온도상승에 의해서도 심박수는 증가되는 것이다(Goodman and Lawenstein, 1977).

심폐기능의 향상은 심혈관계의 형태학적 및 기능적 변화에 의한다고 하였으며(Evans et al., 1986), 운동부하를 증가함에 따라 심박수와 심박출량은 점진적으로 증가하여 증가율은 훈련된 사람과 훈련되지 않은 사람 간에는 차이가 있으며 훈련을 함으로써 평상시의 심박수는 감소하고 심박출량은 증가하며 운동을 시작하면 심박수의 증가가 점진적이면서도 비 훈련자에 비해 적고 운동이 끝나면 회복속도가 빠르다.

선수, 비 선수에 있어 심박수는 심 박출량, 1회 박출량, 산소섭취량과 직선적으로 증가하며, 고도로 훈련된 남·여 선수들은 안정 시 심박수 40~

50 beat/min 또는 이보다 더 낮은 경우도 있다. 반대로 비 선수는 안정시 심박수가 60~80 beat/min 정도로 높다. 낮은 심박수는 훈련된 사람의 특성으로 알려져 있다(Forgelholm et al., 1993).

9. 트레이닝과 최대산소 섭취량

유산소성 능력을 보다 정확하게 평가하기 위한 시도는 다양한 선행연구를 통해서 널리 활성화되어 왔는데, 그 대표적인 방법으로 유산소성 능력의 경우 점증적 운동부하를 통해서 최대산소섭취량, 무산소성 역치 등을 분석하는 방법(Mair et al., 1992) 등을 예로 들 수 있다.

운동 부하검사로써 알 수 있는 최대산소섭취량은 육체적 운동 시에 개체가 섭취할 수 있는 최대한의 산소량을 말하며, 측정방법으로는 피검자를 지속적 또는 단계적으로 운동 강도를 증가시키면서 운동을 계속 시키면서 운동량과 산소섭취량이 거의 직선관례를 유지하면서 증가하다가 어느 수준 이상의 운동량에 이르면 더 이상 운동을 계속해도 산소섭취량은 거의 증가하지 않는 상태에 도달하게 되는데, 이때의 산소섭취량을 최대 산소섭취량이라 한다(Nehwam et al., 1983).

최대산소섭취량의 측정은 체육계에서는 신체적성 내지 심·폐적성의 평가기준으로서 오래 전부터 관심의 대상이 되어 왔다.

전신지구성에 있어서 산소운반을 도모하는 호흡순환기능의 작용은 중요하다. 이 호흡 순환기능을 평가하는 지표로서 최대산소섭취량이 널리 사용되고 있다.

최대산소섭취량이란 운동 주 산소 섭취량의 최대값을 최대산소섭취량이라고 하며 산소섭취량 수준은 인체 내 3가지 중요한 기능에 의존하는데, 첫째, 흡기 중의 산소를 취하여 혈액으로 운반하는 호흡계(respiratory system)기능 둘째, 산소와 결합한 혈액을 인체 각 조직으로 분배하는 심장혈관계(cardiovascuar system)기능 셋째, 운반된 산소를 이용하여 신체활동 시 축적된 대사물질을 일과 열로 전환시키는 근육계(muscloskeletal system)기능이다.

장시간 운동 시 동원되는 골격근의 수축·이완과정이 이루어지기 위해서 산소를 필요하게 되고, 이 산소가 근육에서 발원에 사용되기 위해서는 호흡, 순환, 신경 및 근육 등 전신이 생리적, 유기적이어야 하고 특히 심폐지구력을 요하는 운동의 경우에는 되도록 많은 산소가 요구되는데, 이것은 일정한 시간 내에 강도 높은 운동을 수행할 수 있는 능력이 높다는 것을 의미한다.

최대산소섭취량은 고강도 운동을 실시하는 개인의 능력을 나타내는 가장 우수한 지표로서 사용되고, 운동선수의 경우 지구성 훈련 4~93%의 다양한 증가를 나타내는 반면, 운동선수가 아닌 일반인의 경우에는 적절한 운동 강도로 주당 3일 이상의 운동을 지속적으로 실시하면 20~30%정도의 향상을 가져온다.

최대산소섭취량을 증가시키기 위한 설명으로 지구성 운동은 근육의 미토콘드리아 증가와 혈액량과 심박출량 증가 등 활동 조직에 충분한 산소공급이 관련하며(Wilmore, 1997), 최대 근 혈량의 증가와 근육에서 모세혈관의 밀도증가에 기인되기도 한다.

최대산소섭취량은 최대심박수, 심장작용, 1회 박출량, 헤모글로빈 양 등과 매우 높은 관련성이 있다고 하였다.

또한 운동을 하면 환기량이 증가함에 따라 산소섭취량이 커진다. 그리고 최대산소섭취량이 발현되는 최대운동세서 최대 환기량은 남자의 경우에 120~180L/min, 여자는 100L/min에 이른다. 환기량은 산소섭취량과 비례관계를 벗어나 급격히 증가된다.

10. 운동처방의 원리

건강을 위한 운동에는 기본적인 조건이 3가지 있다. 첫째는 건강을 해치지 않는 안전하게 할 수 있는 운동이어야 하며, 두 번째는 운동을 실행한 결과 효과가 좋은 것이어야 하며, 세 번째는 재미있게 즐길 수 있는 운동이어야 한다.

경쟁적은 스포츠는 건강을 희생하면서 까지도 승부에서 이기고자 하는

경향이 있으며 때로는 건강을 해치기도 한다. 그러나 건강을 위한 운동은 그 목적이 승리에 있는 것이 아니고 건강해지는데 있으므로 운동으로 건강이 손상된다면 그 운동은 아무런 의미가 없을 것이다.

한편 어떤 운동이 매우 안전하고 즐거운 것이라 할지라도 효과가 없다면 그 운동은 건강증진의 측면에서는 아무런 의미가 없는 것이다.

또 운동생리학 측면에서 유효한 운동이라도 즐겁지 않다면 운동을 지속할 수 없기 때문에 당연히 운동의 효과를 기대하기 어렵다.

스포츠의 안전성과 유효성은 종목 뿐만아니라 운동강도와 개인의 체력과 건강상태 등의 신체조건 측면에서도 검토되어져야 한다. 같은 종목, 같은 강도의 운동이라도 실시방법, 기상조건 또는 그날의 컨디션 등에 의해 안전성은 크게 영향을 받는다. 운동강도에 대해서 보면 최대강도를 필요로 하는 운동은 안전성이 낮으며 고통을 수반하므로 여유 있는 운동 강도를 선택하여야 한다(이광형, 1998).

이러한 의미에 있어서 안전한 운동강도의 상한선이라는 것은 사람의 최대능력이 요구되는 운동보다 낮은 강도의 운동이 타당하다고 하겠다. 어느 정도 이상 강한 운동이라고 하는 것도 필요한 조건이 있다. 안전성과 유효성은 이와 같이 상반되는 관계에 있기 때문에 운동처방의 최대초점은 이 두 조건을 동시에 만족시키는 데에 있다.

그 밖에 다음과 같은 조건도 만족시키지 않으면 안 된다.

1) 과부하의 원리

인체기관의 기능을 현재수준보다 발달시키기 위해서는 일상적인 기능의 수준이상으로 그 기능을 발휘하도록 해야 한다. 이와 같은 과정을 어느 일정 기간 이상 계속하거나 또는 반복하면 그 기능은 발달한다. 이것이 과부하의 원리이다. 그러나 현재 이미 충분히 활동적으로 생활하고 있는 사람은 기능도 상당히 발달하여 있기 때문에 그 기능을 유지하기 위해서는 특히 과부하를 필요로 하지 않고 현재 생활을 계속하면 좋다.

2) 점진성의 원리

인체는 갑자기 강한 부하를 받으면 견디어 낼 수 없고 피로해지기 때문에 처음에는 가벼운 부하로부터 시작하지 않으면 안 된다. 그러나 언제나 가벼운 부하로 머물러 있으면 기능은 그 부하와 평행한 상태에서 머무른다. 따라서 피로해지지 않고 기능을 발달시키기 위해서는 점차 부하를 높여가는 것이 필요하다. 이것이 점진성의 원리이다.

3) 반복성의 원리

트레이닝은 정기적으로 반복 시행함으로써 효과를 얻을 수 있다. 간헐적 혹은 일시적, 집중적인 운동은 충분한 효과가 기대되지 않을 뿐만 아니라 때로는 사고의 원인이 된다.

4) 개별성의 원리

개인의 체력, 건강, 기호 그 밖의 특수 조건을 고려하면 운동처방은 개별적 특성에 따라 이루어진다고 할 수 있다. 조건이 다른 사람들이 획일적인 운동을 실시하면 어떤 사람은 운동강도가 너무 가벼워서 효과가 없고 어떤 사람은 너무 강해서 고통이 따르기도 한다. 개개인에 따라 적당한 운동이 필요하다.

11. 운동처방의 요소

운동처방은 어떤 운동을 어느 정도로 얼마만큼의 시간 동안 얼마나 자주 하여야 하는가를 제시할 수 있어야 한다. 즉 운동처방은 운동의 형태, 운동강도, 운동량, 운동빈도 등의 요소로 구성된다.

1) 운동형태

운동처방의 목적에 따라서 운동의 형태는 선별되어야 한다. 심폐지구력을 발달하기 위해서는 달리기, 자전거타기, 수영 등의 유산소성 운동을 하여야 할 것이며 근력이나 근지구력을 발달하기 위해서는 웨이트 트레이닝이나 서키트 트레이닝 등의 운동을 선택하여야 할 것이다. 또한 질병이나 개인적인 특수한 상황에 따라서도 운동의 형태는 달라져야 한다.

2) 운동강도

운동강도는 운동을 어느 정도로 할 것인가를 결정하는 중요한 척도가 된다. 일반적으로 운동의 강도는 HRmax%, VO_2max%, 1RM% 등으로 표시하는데 개인의 수준에 따라서 강도는 다르게 처방되어야 하지만 항상 운동강도의 적정범위를 고려하지 않으면 안 된다. 즉, 운동강도는 안전한계와 유효한계 범위사이에서 채택되어야 한다는 것이다.

안전한계란 그 이상의 강도에서는 위험을 수반할 수 있는 운동강도이며 유효한계란 그 이하의 강도에서는 효과를 기대하기 어려운 운동강도이다. 운동강도는 체력 조건이 좋을수록 운동강도 처방의 범위는 넓어지고 체력 조건이 떨어질수록 그 범위는 좁아지게 된다.

3) 운동량

운동량은 얼마만큼의 시간 또는 기간 동안 운동할 것인가를 가늠하는 척도가 된다. 운동량은 운동을 한 시간, 동작의 회수, 달리 거리등으로 표시하여 운동강도와 함께 운동부하의 중요한 요소가 된다. 따라서 과부하의 원리를 적용할 때 운동강도 뿐만 아니라 운동량도 반드시 고려하지 않으면 안 된다.

4) 운동빈도

운동은 규칙적이고 지속적으로 실시해야 하지만 얼마나 자주 하느냐에 따라서 그 효과는 달라질 수 있다. 운동빈도는 일반적으로 주당 운동회수로 나타내며 적당한 운동빈도는 운동처방의 목적과 개인의 수준에 따라서 결정되어야 한다. 예를 들어 근력발달을 위한 운동은 최소한 주단 며칠을 하여야 하며 또한 현재 개인의 수준으로 볼 때 그것은 적당한가를 고려해야 한다.

12. 운동처방의 방법

운동단계는 대부분의 경우 총 운동량은 운동효과가 나타남에 따라 증가되어야 한다. 지속운동의 경우에 운동효과는 운동강도, 운동시간 또는 두 가지 모두를 고려했을 때 생긴다. 가장 뚜렷한 운동효과는 운동프로그램을 시작한지 8~12주 후에 나타난다.

이들 운동효과는 참가자의 특성, 새로운 운동검사결과, 운동능력을 고려한 조정에 의해서 발생하기 때문에 전문의, 운동프로그램 관리자, 운동전문가, 건강체력지도자 또는 건강체력관리자는 수시로 운동프로그램을 수정해야 한다.

운동처방의 방법은 참가자가 특별한 증상이 있든 없든 간에 차이가 있다(이광형, 1998). 다른점이 있다면 높은 강도 대 낮은 강도, 장시간 대 짧은 시간, 매일운동 대 주당 3일 운동 등의 원리를 적용하여야 한다. 건강하고 활동적인 청년에 대한 운동강도와 시간의 수정은 위험이 거의 없는 간단한 일이다. 그러나 좌업 생활자, 노인 또는 질환에 대한 증상이 있는 사람의 운동처방 수정은 대단히 어렵다.

운동과 관련된 위험도는 일상생활과 운동시의 운동강도 격차, 연령, 최대 운동능력, 건강상태, 관상동맥질환의 위험인자 및 증후 등과 밀접한 관계가 있다.

1) 운동형태

대부분 운동처방의 주요 목적은 기능적 능력을 향상시키거나 유지하기 위한 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 실행하는 운동의 상당부분을 유산소성 지구력 운동에 할애하여야 한다.

순발력 운동은 운동종목에 따른 산소소비율이나 효율성과 같은 칼로리 소비의 변화와 지구력 운동은 운동종목에 따른 산소소비율이나 효율성과 같은 칼로리 소비의 변화와 에너지 소비율을 일정하게 유지하는 잠재성에 따라 세가지 형태로 분류할 수 있다.

첫 번째 형태는 걷기, 조깅, 자전거타기와 같이 기술을 발휘하는데 에너지 소비율이 깊이 관련되어 있으나 운동 중 일정한 운동강도를 유지할 수 있는 운동이다. 두번째 형태는 수영이나 크로스 컨츄리, 스키 등과 같이 기술을 유지할 수 있는 운동이다. 세 번째 형태는 무용, 농구, 테니스 등과 같은 운동강도의 변화가 많은 운동이다.

재활운동 프로그램의 초기 단계에서처럼 운동강도를 정확히 조절할 필요가 있을 대에는 첫 번째와 두 번째 형태를 권장하여야 한다.

개인의 체력 수준과 선호하는 운동종목에 따라서 첫 번째와 두 번째 운동형태를 지속적으로 할 것인가 아니면 인터벌로 실시할 것인가를 결정한다.

2) 운동강도

운동처방을 작성하는데 가장 어려운 문제는 적당한 운동강도를 결정하는 일이다. 운동 프로그램을 통한 심폐지구력의 유지 및 향상을 위해서는 운동강도가 인체에 적절한 자극을 가할 수 있는 정도가 되어야 한다. 운동강도가 너무 약하거나 또는 너무 강할 경우 운동의 효과를 기대하기는 어렵게 된다. 그러므로 운동의 효과를 얻기 위한 안전하고도 적절한 운동강도로 일정한 시간을 운동해야만 운동의 참된 효과를 얻을 수 있다.

일반적으로 운동 프로그램에 참가하는 모든 사람들이 짧은 시간에 너무

많은 것을 얻으려는 경향이 있다. 심폐지구력 향상을 위한 운동 강도는 개인의 최대운동능력의 40~85%의 범위 내에서 처방한다. 건강한 성인의 운동강도는 일반적으로 최대운동능력 60~80%내에서 결정한다.

최대운동능력이 낮은 사람이 운동을 처음 시작할 때는 최대운동능력의 40~60%에서 운동을 시작하는 것이 좋다. 운동강도의 표현방법은 %VO_2max, METS, HRmax 그리고 운동자각도(RPE) 등을 이용하는 방법이 있다.

3) 운동시간

운동시간은 처방된 운동강도의 수준에 의해 결정된다. 운동시간과 운동강도는 역상관 관계로 운동강도가 높을수록 지속할 수 있는 운동시간은 짧아지게 된다. 일반적으로 준비운동과 정리운동을 제외한 주운동시간은 15분에서 60분 정도가 적당하다. 정상적인 성인의 경우 최대운동능력의 40~60% 정도에 운동강도이면 30~40분 정도 지속할 수 있다. 최대운동능력이 높은 사람은 보다 높은 운동강도에서 장시간 동안 운동할 수 있다(이광형 1998).

운동의 효과면에서 볼 때 최대운동능력의 90% 이상의 높은 운동강도에서 5~10분 동안 짧은 운동시간에도 심폐순환기능의 향상을 가져올 수 있다. 그러나 운동선수가 아닌 일반인은 높은 운동강도에서 짧은 시간동안 운동을 실시하는 것보다는 30~50분 동안 60%의 최대운동능력의 강도로 하는 것이 바람직하다.

낮은 강도에서의 장시간 운동은 운동 상해의 위험이 낮고 총에너지소비량이 높기 때문이다. 운동 프로그램을 계속 실시할 때 특별한 반응 없이 효과가 얻어진다면 약 2주 후부터는 운동시간을 45분 정도까지 늘려나가도록 한다. 적절한 운동강도와 운동시간은 운동을 마친 후 1시간 이내에 과도한 피로를 느끼지 않도록 설정되어야 한다. 운동시간을 평가하는 다른 한 가지 방법은 열소비량을 이용하는 방법이다. 운동참가자의 체력수준을 초급, 중급, 상급단계의 세 단계로 구분하고 이 단계에 따라 초급단계는 운동 중 열량소비량이 100~200kcal이상 될 수 있도록 운동시간을 조절하는 것이다. 1MET에 해당하는 에너지 소비량은 1kcal/kg/hr 이다.

4) 운동빈도

운동빈도, 즉 주당 운동을 몇 번 정도 할 것인가는 각 개인의 체력수준에 달려있다. 최대운동능력이 5~8METs인 정상 성인의 경우 최소한 일주일에 3회 정도는 운동을 실시해야 심폐지구력향상을 가질 수 있다. 그러나 체력 수준이 높아지면 높아질수록 주당 5회 정도의 운동을 실시해야만 지속적인 심폐지구력의 향상을 기대할 수 있다. 운동빈도를 주당 5회 이상으로 할 경우에는 체중부담을 안고 하는 운동(걷기, 달리기 등)을 번갈아 가며 실시하는 것이 바람직하다(장주원, 2005).

5) 운동의 전개

운동은 5~10분의 준비운동, 15~60분의 지구력(유산소)운동, 5~10분의 정리운동은 대사량이 1MET인 휴식수준에서 운동이 필요한 수준까지 점차 증가시키도록 운동계획을 작성해야 한다.

준비운동 시간은 보통 5~10분 동안이며 스트레칭, 유연체조, 각종 형태의 근력운동, 걷기 및 가벼운 조깅 등을 포함한다. 근력이나 근지구력이 필요하고 이를 선호하는 참가자는 유연체조나 웨이트 운동을 추가할 수 도 있다. 그러나 고혈압 환자, 협심증 환자 그 외 심장질환자는 무거운 웨이트 운동을 해서는 안 된다.

근지구력 또는 유산소성 운동은 지속적 또는 간헐적 운동으로 구성될 수 있다. 이것은 처방된 강도의 심박수에 도달하게 하는 대근군의 활동을 포함하는 유산소성 운동이다. 정리운동은 가볍게 걷기 또는 조깅, 스트레칭 등이며 경우에 따라서 이완운동 등과 같이 강도를 감소시키는 운동을 포함한다. 또 운동에 적절한 레크리에이션 활동을 포함한다.

13. 운동과 심폐기능의 변화

1) 운동과 최대산소섭취량

최대산소섭취량은 단위시간에 소비되는 산소섭취량의 최대값을 말하는 것으로 유산소운동에 있어 최대운동 능력을 나타내는 지표로 사용되고 있다(Anderson and Hart, 1963).

(1) 최대산소섭취량의 측정목적은 개인의 체력수준(심폐지구력)을 평가하고 호흡, 순환계의 건강 상태를 진단하는데 있다.

(2) 최대산소섭취량이라는 용어는 이러한 것들을 대변하는 대표적인 지표로서 간주되고 있는데, 최대산소소비량, 최대산소흡입량, 유산소능력, 최대유산소파워 등 동의어로 사용되며, 심폐지구력, 심혈관계지구력 또는 호흡순환 지구력을 의미하기도 한다.

Astand and Roaahi(1970)은 최대산소섭취량은 호흡순환계의 한계점을 제시하는 것으로 성별, 연령, 체중에 따라서 차이를 나타낸다고 하였고, 또한 심폐지구력 운동능력의 평가를 위한 대표치로 사용된다고 하였다.

Mathews and Fox(1981)은 최대산소섭취량은 규칙적인 훈련에 의해서 15~20% 정도 증가하며, 폐환기량, 심박출량, 심박수 등의 심폐기능 등의 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하여 최대산소섭취량이 결정된다고 하였다.

Wilmore(1980)의 연구에서도 좌업생활을 하는 38명의 중년남자(35.6세)를 대상으로 20주동안 조깅, 사이클링, 테니스(주3회, 1일 30분, 75%HRmax)등이 인체에 미치는 영향을 조사한 결과, 조깅그룹은 13.3%, 사이클링그룹은 14.4%, 테니스그룹은 5.7% 최대산소섭취량이 증가한 것으로 나타났다.

최대산소섭취능력의 증가폭은 훈련 전 체력수준과 유전적 요인, 성별, 운동형태, 운동지속시간 등에 따라 차이가 있음을 알 수 있다.

2) 운동과 심박수

심박수는 산소섭취량과 함께 운동의 강도를 객관적으로 나타내는 중요한 지표로써 스포츠 현장에서 운동강도를 파악하는데 활용되고 있다.

장시간 지구성 훈련을 한 운동선수의 안정시 심박수는 서맥을 나타냈고, 운동강도를 증가시키면 이에 따라 심박수도 비례하여 완만한 증가율을 나타내며, 운동 후의 회복은 오히려 빠르다고 하였다(황수관, 허복, 1980).

그러므로 지구성 훈련의 단련된 운동선수는 비단련자보다 최대심박출량이 50%나 더 크다고 볼 수 있다.

14. 운동과 체력의 변화

1) 운동과 근력

근력은 움직일 수 있거나 움직일 수 없는 물체에 대하여 발휘되는 근육의 힘으로 정의된다.

근육은 일정한 동작이나 위치에서 단 한 번의 최대노력의 발휘가 요구되는 테스트에 의해서 가장 잘 측정된다.

Wilmore(1974)는 “10주간의 Weight Training 프로그램의 결과로 인한 근력, 신체구성 및 인체측정에 있어서의 변화”란 연구에서 트레이닝 전, 후간에 근력이 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

한편 Falls, (1980), Sprague and Reynolds(1983)등은 Weight Training이 트레이닝 프로그램의 운동강도, 반복횟수, 휴식시간, 운동빈도의 차이에 따라 근력증가 운동이 될 수 도 있으며 심폐지구력을 증가시키는 운동이 될 수도 있다고 하였다.

2) 운동과 근지구력

근지구력은 하나의 근육 또는 근육군의 같은 동작을 반복하는 능력, 또는 일정한 정도의 장력을 오랫동안 지속하는 능력을 말한다. 이러한 근지구력에는 그 근육에 대한 산소공급의 능력이 크게 관여하고 있어서 혈류량이 많을수록 근지구력이 높다고 할 수 있다.

3) 운동과 유연성

유연성은 관절의 가동성을 의미한다. 인체는 약 250여개의 관절이 있는데 관절 부위마다 가동범위를 가지고 있다. 건, 인대, 관절낭, 근주막, 근육자체의 신전성 등의 요인들에 의해 연령이 증가할수록 가동범위가 감소되어 유연성이 줄어들게 된다. 이중 유연성 퇴행의 주요인은 관절의 결체조직이 증식되고, 근육의 신전성이 감소되기 때문이다(이종각, 1992).

유연성은 남성의 경우, 20대 이후 급속히 하락하여 30대초에 고등학생들보다 낮은 수준으로 떨어지며, 여성은 50대 이르기까지 서서히 떨어져 고등학생의 수준으로 유지한다(안횡균외 28인, 1992).

III. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 특별한 질환이 없는 대학교 태권도선수 10명과 일반대학생 10명 총 20명으로서 대상자들의 신체적 특성은 <표 2>와 같다.

<표 2> 대상자들의 신체적 특성

	Age(yrs)	Weight(Kg)	Height(Cm)	Fat(%)	Sports career(yrs)
태권도 선수 (n=10)	22.57±0,54	63.20±4.73	175.27±4.05	13.28	8.4±2.1
일반대학생 (n=10)	22.31±0.77	64.44±3.54	173.42±3.54	14.32	-

means±S.E

2. 카페인 투여방법

실험은 동일 피검자들에게 실험의 조건을 변화시키면서 위약섭취와 카페인 5 mg/kg 섭취로 교차실험 방법을 선택하여 두 차례에 걸쳐 실시하였다. 20명의 대상자 중 10명은 첫 번째 실험 session에서 카페인 5mg/kg을 담아 둔 capsules을 운동 실시 전 250 ml의 생수(4℃, Ca : 21.9 mg/l, Na :11.8 mg/l, K:1.8mg/l, Mg:5mg/l, F : 0.18 mg/l)와 섭취하고 나머지 10명은 동일한 양의 일반생수와 empty capsules을 섭취한 후 자전거 에르고메터를 이용한 점증 부하 최대 운동을 실시하였다. 두 번째 실험 session 1주일 후에 교차하여 먼저 일반 생수를 섭취했던 10명이 카페인함유용액을 섭취하고, 나머지 10명은 생수를 섭취하도록 하여 동일한 실험절차와 동일한

운동부하 검사를 수행하였다. 실험은 12시간 이상의 동일한 공복조건에서 운동을 수행하도록 모든 대상자가 동일한 시간대(오전 08:00-10:00)에 실험에 참여하도록 하였다. 모든 실험은 동일한 실험실 조건(온도 24℃± 0.76, 상대습도 56%±2.00) 하에서 동일한 절차와 순서로 실시하였다.

3. 운동부하 방법

운동부하방법은 태권도선수와 일반학생이 각각 카페인 투여시와 위약 투여시에 14일의 간격으로 2번에 걸쳐 bicycle ergometer(Monak808, sweden)를 이용한 점증적 최대운동을 실시하였다. 실험당일 피험자는 실험 2시간 전에 실험실에 도착하여 최소 30분간 안정을 취한 후 카페인을 복용한 뒤 90분 후에 50W에서 3분간 준비운동을 실시 한 뒤 2분간 휴식을 취한 다음 초기 운동 강도를 50W, 60rpm을 시작으로 매 2분마다 60rpm으로 25W씩 탈진상태에 도달할 때까지 증가 시켰다.

4. 혈액채취 및 분석 방법

혈액채취는 대상자가 실험실에 도착하여 30분간의 안정을 취한 후 운동 전 혈액을 antecubital vein에서 5㎖의 혈액을 채취하였고, 최대운동직후와 회복기 30분에 걸쳐 총 3번의 혈액 채취를 실시하였다. 채혈된 전혈(whole blood)을 이용하여 Hemoglobin의 측정은 Complete Blood Count장비의 하나인 MICROS 60-OT(ABX Diagnostics, France)를 이용하였고 암모니아는(FUJI DRI-CHEM 100N : Fuji Photo Film Com, Japan)장비를 이용하여 채혈된 혈액 중 10ｕｌ의 전혈을 FDC-100N 전용 피펫으로 검체 하여 보정치 P=1.12,q=-2로 보정되어 있고 slide(NH3-W)가 장착되어 있는 중앙에 점착하여 분석하였다. 분석처리 방식은 암모니아 속의 nitrogen 농도를 측정하는 비색검출법(calorimetric method)에 의해 분석하였으며, 농도 값은 마이코그램/데시리터 단위로 정량화 하였다. 혈중 젖산농도는(YSI 1500, U.S.A)은 효소법

에 의해 정량화 하였다. 이때 사용한 enzyme membrane은 YSI 2329가 이용되었고 시약은 500ml의 reference 용액(YSI 2357 buffer concentrate 4.5cc, YSI 1530 lactate standard, YSI 1515 cell lysing agent)이 이용되었다.

5. 자료처리 방법

본 연구의 통계는 SPSS/PC Window 13.0 으로 각 항목별 평균과 표준편차를 산출하였고, 각 그룹 및 투여 조건 간의 차이 검증은 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)으로 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $P<0.05\%$로 설정하였다.

IV. 연구결과

본 연구는 최대운동 수행 전 카페인섭취가 혈중 젖산, 암모니아 및 혈구 성분에 어떤 영향을 미치는지를 조사하고, 이러한 젖산, 암모니아 및 Hemoglobin의 농도변화가 운동수행 능력에 미치는 효과를 규명하기 최대 운동부하를 적용하여 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

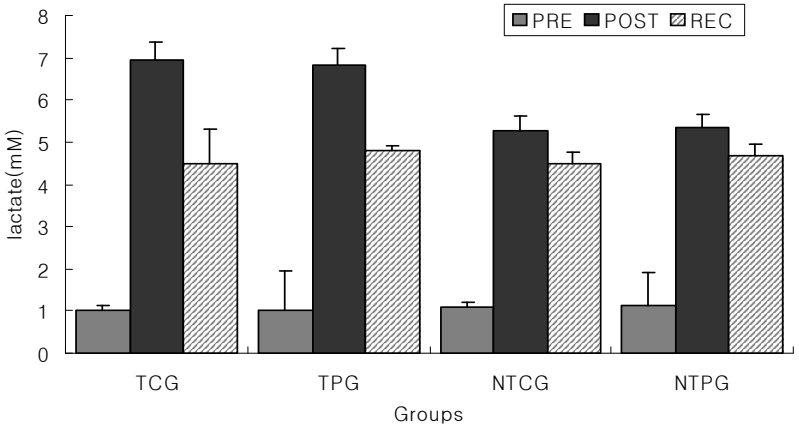
1. 혈중 젖산 농도의 변화

혈중 젖산 농도의 변화는 <표 3>에 나타난 바와 같이 나타났으며, 운동 경과 시간에 따른 카페인 섭취여부와 선수유무에 따른 그룹 간 결과의 유의차 검증을 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과는 <표 4>에 제시된 바와 같다. 반복측정 분산분석 결과 교호작용에 있어서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다[F(6.72)=111.335 P=.000]. 유의차에 대한 검증결과 태권도선수와 일반선수 모두 운동전에 비해 운동 후에 유의한 증가를 보였으며, 회복기 30분에도 유의한 감소를 보였으며, 그 속도는 태권도 선수의 변화가 더 큰 것으로 나타났다. 하지만, 카페인 유무에 대한 변화는 다소 회복이 빠른 경향은 있었으나 의미 있는 변화는 나타나지 않았다.

<표 3> 혈중젖산 농도의 변화 단위: mM

	집단	N	운동 전	운동 후	회복기
태권도선수	카페인	10	1.00±0.13	6.64±0.44	4.47±0.82
	위약	10	1.02±0.94	6.82±0.39	4.79±0.14
일반학생	카페인	10	1.10±0.12	5.28±0.34	4.49±0.29
	위약	10	1.12±0.80	5.34±0.31	4.69±0.25

All values are mean ± SE.



<그림 1> 혈중 젖산 농도의 변화

<표 4> 혈중 젖산 농도에 대한 반복측정분산분석 결과

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	6.776	3	2.259	73.094
Error	1.112	36	.031	
Within Groups				
Duration	521.513	2	260.756	11998.203
Interaction	14.518	6	2.420	111.335
Total	1.565	72	.022	

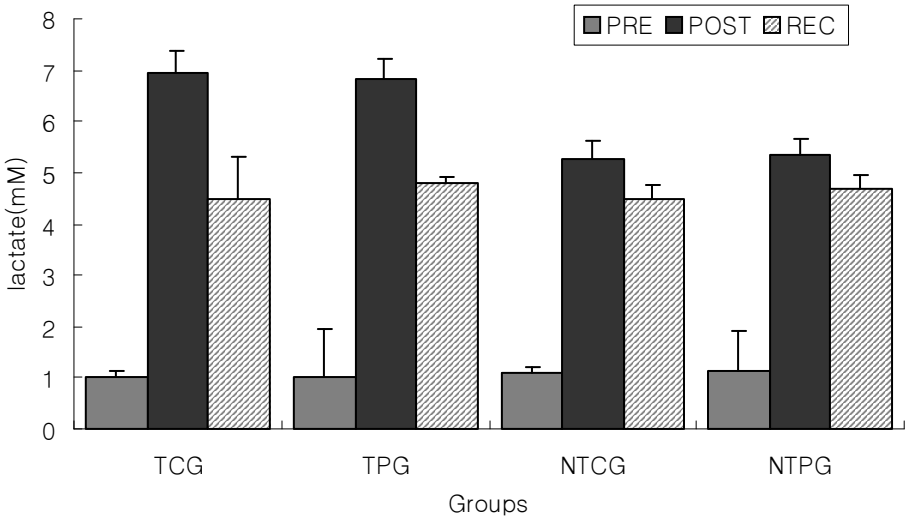
2. 혈중 암모니아 농도의 변화

혈중 암모니아 농도의 변화는 <표 5>에 나타난 바와 같이 나타났으며, 운동경과 시간에 따른 카페인 섭취여부와 선수유무에 따른 그룹 간 결과의 유의차 검증을 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과는 <표 6>에 제시된 바와 같이 교호작용에 있어서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 [F(6.72)=111.335 P=.000]. 유의차에 대한 검증결과 태권도선수와 일반선수 모두 운동전에 비해 운동 후에 유의한 증가를 보였으며, 회복기 30분에도 유의한 감소를 보였으며, 그 속도는 태권도 선수의 변화가 더 큰 것으로 나타났다. 하지만, 카페인 유무에 대한 변화는 다소 회복이 빠른 경향은 있었으나 의미 있는 변화는 나타나지 않았다.

<표 5> 혈중 암모니아농도의 변화 단위:ug/dl

	집단	N	운동 전	운동 후	회복기
태권도선수	카페인	10	43.15±6.65	121.53±28.45	54.05±6.49
	위약	10	43.33±7.92	125.84±29.88	61.37±22.79
일반학생	카페인	10	45.93±15.38	125.36±52.01	63.64±17.81
	위약	10	45.59±16.36	136.66±26.93	70.24±18.23

All values are mean ±SE.



<그림 2> 혈중 암모니아 농도의 변화

<표 6> 혈중 암모니아 농도에 대한 반복측정분산분석 결과

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	1959.736	3	653.245	105.722
Error	222.445	36	6.179	
Within Groups				
Duration	52124.313	2	76062.156	14335.738
Interaction	709.789	6	118.298	22.296*
Total	382.016	72	5.306	

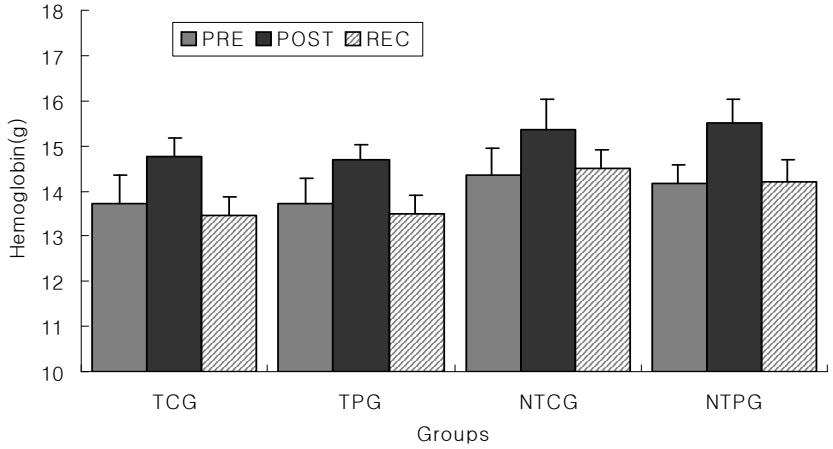
3. 혈중 *Hemoglobin* 농도의 변화

혈중 Hemoglobin 농도의 변화는<표 7>에 나타난 바와 같이 태권도선수와 일반학생 모두 투여조건과 교호작용에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다<표 8>. 이에 대한 검증결과 태권도선수, 일반학생 모두 운동전에 비해 운동 후에 유의한 증가를 보이다가 회복기30분에는 거의 운동전 수준까지 빠르게 회복하는 경향을 보였다. 운동전 안정시의 Hemoglobin에 있어서 일반학생보다 태권도선수가 조금 낮은 수치를 보였으나 유의한 차이는 없었다.

<표 7> 혈중 헤모글로빈 농도의 변화 단위:g/l

	집단	N	운동 전	운동 후	회복기
태권도선수	카페인	10	13.72±0.62[a]	14.77±0.39[a**]	13.46±0.41[a]
	위약	10	13.71±0.57[a]	14.68±0.36[a**]	13.50±0.41[a]
일반학생	카페인	10	14.34±0.61[a]	15.34±0.70[a**]	14.50±0.43[a]
	위약	10	14.15±0.43[a]	15.52±0.52[a**]	14.21±0.46[a]

All values are mean ±SE.
Value with different superscripts within a row are significantly different from PRE-E value(* : P < .05, *** : P < .000)
a,b,c,d : Duration with the same character are not significantly different from each other by LSD post hct test NS : Not significant



<그림 3> 혈중 헤모글로빈 농도의 변화

<표 8> 혈중 암모니아 농도에 대한 반복측정분산분석 결과

	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	14.782	3	4.927	728.716
Error	.243	36	.007	
Within Groups				
Duration	33.904	2	16.952	1888.588
Interaction	1.259	6	.210	23.385*
Total	.646	72	.009	

V. 논 의

지구성 운동 시 경기력은 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받는데, 그 중 대사적 연료의 이용에 대한 대부분의 연구에 의하면 피로는 체내 글리코겐의 고갈과 밀접한 관련이 있으며, 이를 위해 체내 글리코겐을 절약하기 위한 여러 가지 방법이 강구되어져 왔다. 그 중 체지방의 분해에 의해 생성되는 지방산을 이용함으로써 근육의 글리코겐을 절약하려는 시도가 있어 왔으며 이러한 효과를 얻기 위한 것 중의 하나가 운동전 카페인 섭취 등을 들 수 있다(Spriet,1995).

카페인은 소화관에서 신속히 흡수되며 투여 후 1시간 정도면 혈액 내 최고 수준으로 증가하게 되어 약 3.5시간 반감기를 가지는데 이는 카페인이 체내에서 지방 대사를 활성화 시키고 운동초기에 당 이용을 억제시킴으로써 운동수행 능력을 개선시킨다고 하였다(Ivy 등,1979).

운동 중 피로는 중추피로와 말초피로로 구분해 볼 수 있는데, 중추피로의 유발의 지표는 암모니아 이고 말초피로는 젖산으로 대표하고 있다.

혈중 젖산농도 및 암모니아농도는 장시간의 운동 시 산소 운반대사의 제한과 함께 발생하는 피로현상의 중요한 원인으로 간주되어왔다(Banister & Mutch, 1983). 젖산과 암모니아에 의한 근섬유의 pH의 감소와 관련된 수소이온 같은 대사성 부산물의 축적이 excitation-contraction coupling과 근육의 힘이 발생능력에 영향을 줄 수 있는데(Buchtal & Schmalbruch, 1980), 운동 시 암모니아농도의 증가 현상은 글리코겐고갈이 유도되면서 아미노산의 탈아미노과정에 의해 5-hydroxy- tryptamine, 암모니아 등과 같은 부산물의 증가가 발생하며 이러한 과정이 중추성 피로 기전에 관련이 있는 것으로 운동지속능력의 제한적인 영향을 초래하게 된다는 가설이 제시된 바 있다(Buono 등, 1984; Newsholme 등, 1987). 과도한 혈장 암모니아는 운동신경의 inhibitory post synaptic potentials (IPSP)의 감소와 신경기전(regulatory neural mechanism ; GABA)의 억제 감소를 통해(Jack, 1982) 증가된 신경 활성도를 나타내며(Bannister 등, 1985), 게다가 근육 내 높아

진 암모니아는 근초에서 잘 흥분하지 않는 섬유에 작용하여 수를 증가시킨다고 보고하였다(Heald, 1987).

젖산은 운동시합을 하는 동안 혈액의 높은 젖산 량을 견디는 선수들의 능력 특히, 비교적 짧고 격렬한 신체활동을 할 때 고도의 운동수행 능력을 발휘하기 위하여 중요한 역할을 하는데, 고도로 훈련된 선수에 대한 연구결과 이들이 격렬한 운동을 한 후 지친 상태에서는 비슷한 상황의 훈련되지 않은 사람들 보다 혈액의 젖산 수준이 20-30% 정도 더 높았다. 이와 같은 인체 내 젖산의 생성과 처리에 관한 대사적 과정은 운동 시 해당과정의 작용을 대사 관계 중 조절단계의 효소 활성율과 운동 시 동원된 근섬유들과 산소공급 감소 등에 의해 조절된다(백영호 등, 2000).

본 연구에서 혈중 젖산 농도의 변화는 태권도선수와 일반학생 모두 운동전에 비해 운동 후에 유의한 증가를 보이다가 회복기 30분에는 감소하는 경향을 보였으며 일반학생보다 태권도선수가 좀 더 빠른 젖산 회복속도를 보였는데 이는 최대노력을 요하는 운동 중 혈액과 근육 내 젖산의 농도가 비훈련자보다 훈련자가 더 높게 나타난다(Howley & Franks, 1991)는 보고와 일치하는 것이며 이러한 원인은 훈련 후 근육과 혈액 내에 젖산이 축적되는 시점이 지연되는 것이 젖산의 생성이 줄어든 결과가 아니고 훈련 후 더 높은 강도의 운동 시에 훈련전과 비교해 더 많은 젖산의 축적을 견뎌낼 수 있는 능력이 생겼음을 의미하는 것이다(Ekblom 등, 1968).

위약투여시보다 카페인 투여 시에 유의하지 않지만 젖산 회복속도가 빠른 경향을 보였는데 이러한 결과는 백태현 등(1999)의 안정 시 혈중젖산농도와 운동 후 젖산최고치 및 회복기 15분의 혈중 젖산농도 측정에서 통계적 유의성을 보이지 않았으니 회복기 15분에서의 젖산 회복율에서 증가양상을 보여 카페인이 근육피로회복에 효과가 있으며 일반적인 피로회복에도 효과가 있음을 보고한 연구와 다소 일치하는 결과를 얻었다.

운동 시 근 피로를 발생시키는 원인은 한, 두 가지 요인으로는 설명될 수 없을 것이다. 따라서 근 활동과 관련된 여러 대사물질의 변화를 살펴보아야 하는데, 그 중에서 생체 내에서 독성효과를 가지는 혈중 암모니아 농도 변화를 고려할 수 있다. 왜냐하면, 암모니아는 중추신경계에 영향을 줄

뿐만 아니라 ATP에 의해 억제되는 6-phosphofructokinase를 활성화 시켜 해당과정을 촉진시키기 때문에 젖산 생성 및 수소이온의 농도를 증가 시킬 수 있기 때문이다(Sugden과 Newsholme, 1975).

운동 시 암모니아의 생성원인은 주로 AMP가 IMP로 탈 아미노화 되면서 생성될 뿐 만 아니라 BCAA(Branched-chain amino acids)와 다른 아미노산의 분해 시에도 생성될 수 있다(Maclean 등, 1991). 특히 근 글리코겐은 최대산소섭취량의 60-80%의 강도로 지구성 운동을 하는 경우 고갈되어 근피로의 요인으로 작용할 수 있는데 주로 이러한 시점에서 암모니아의 발생은 BCAA 대사활성에 기인한다(Karlsson 등, 1972).

본 연구에서의 혈중 암모니아 농도의 변화는 태권도선수, 일반학생 모두 운동전에 비해 운동 후에 유의한 증가를 보이다가 회복기 30분에는 감소하는 경향을 보였는데 이는 점진적 강한 운동부하에서는 혈액 내 암모니아 이온 농도가 증가 한다는 연구결과(Babij 등, 1983; Dudley 등, 1983; Bobij, 1983; Buono 등, 1984; Hagelochi, 1990; Schlicht, 1990)를 다시 한 번 입증하는 결과이다. 암모니아가 대사과정에 미치는 독성기전은 아직까지 정확하게 알려져 있지 않지만 현재까지 근육 및 뇌에서 독성작용을 하는 것으로 알려져 있는데, Maclean 등(1991)은 근 글리코겐 농도가 정상수치 보다 낮을 때 혈장 암모니아 농도가 증가된다고 보고 하였다. 본 연구에서 일반학생보다 태권도선수가 암모니아의 회복속도가 다소 빠른 경향을 보였으며 유의한 차이는 없었다.

젖산과 암모니아 농도 모두 회복기 30분까지 안정 시 수준으로 회복은 이루어지지 않았으며 두 변인이 실험과정 내내 비슷한 변화를 보였다. 강한 운동 중 암모니아의 생성은 일반적으로 증가하며(Graham 등, 1991; Schlicht, 1990), 혈중 암모니아와 젖산 농도는 정적 상관관계를 나타낸다고 하였다. 이와 같은 결과는 혈중 젖산의 변화와 암모니아의 변화 양상이 비슷하게 나타난다는 위승두(1995), Graham 등(1991)의 연구결과와 일치하는 결과이다.

Hemoglobin은 Erythrocyte 계열의 지단백질 구조에서 합성되어진다. Hb에서 색소를 함유하는 성질과 주요호흡기능은 Heme과 철(Fe)은 함유색소

와 관련하지만 CO_2 와 O_2 의 운반기능은 Globin이 맡고 있다(James 등, 1970). Hb과 결합하는 산소량은 산소 분압에 의하여 결정되는 데 Hb 1g은 최대 1.34mℓ의 산소와 결합할 수 있기 때문에(Edward, 1979), Hb의 산소 해리에는 산소 분압(pO_2)외에도 동물의 종류에 따라, 또는 같은 동물에서도 태아기와 성숙기에 따라 다르며, 또 같은 종류의 Hb이라도 pH, 온도, CO, 여러 효소에 따라서도 영향을 받는다(윤진환, 1986). 철(iron)은 체내 헤모글로빈과 미오글로빈의 구성성분으로서 뿐만 아니라 세포내 ATP합성과 관련한 산화인산화 반응에 관련되어 있으며, DNA 생성에 필요한 생체 아민의 합성과 분해에도 관여 하는 것으로 알려져 있다(Dallmanl,1987). 본 연구에서 태권도선수, 일반선수 모두 운동전에 비해 운동 후에 유의한 증가를 보이다가 회복기 30분에는 거의 운동전 까지 빠르게 회복하는 경향을 보였다. 많은 연구에서 운동선수들의 Hb농도와 Hct치가 일반인 보다 낮으며 빈혈의 비율도 상당이 높다고 보고하고 있는데(Dewijn, 1971), 본 연구 결과에서도 운동전 안정시의 Hemoglobin수준에 있어서 일반학생보다 태권도선수가 유의하지는 않지만 조금 낮은 수치를 보였다.

Hemoglobin 농도의 변화를 보면 운동전 안정 시 Hemoglobin 농도에 있어서 일반학생보다 태권도선수가 조금 낮은 수치를 보였는데 많은 연구에서 운동선수들의 Hemoglobin 농도가 일반인 보다 낮으며 빈혈의 비율도 상당이 높다고 보고한 연구와 일치하는 것이다(Dewjn 1971). 운동전에 비해 운동직후에 태권도선수, 일반학생 모두 매우 유의한 증가를 보이다가 회복기 30분에는 거의 운동전 수준까지 빠르게 회복하는 경향을 보였다. 카페인투여와 위약 투여 시 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

결론적으로 혈중 젖산 농도와 암모니아 뿐만 아니라 Hemoglobin 농도에 있어서 유의한 차이를 보지는 못했지만 투여시기와 투여량을 고려한 연구가 이루 진다면 젖산과 암모니아의 회복에 유의적 효과가 있을 것으로 사료되며 카페인이 태권도 경기력 향상을 위한 보조물로써의 가능성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

VI. 결 론

본 연구는 태권도선수들을 대상으로 카페인 급성투여가 최대운동 시 혈중 젖산, 암모니아, Hemoglobin의 변화를 알아보기 위해 수행되었다. 12명의 피험자를 4그룹으로 분류하여 각각 90분 전에 카페인을 섭취하고 자전거 에르고미터를 이용하여 최대운동을 실시하였다. 혈액샘플은 운동전, 운동 후, 회복기 30분에 걸쳐 채혈한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 혈중 젖산 농도에 있어서 카페인투여의 효과는 태권도선수와 일반학생 간에 유의한 차이가 나타났다. 하지만 카페인 투여 시 젖산 회복 율이 유의하진 않지만 빠른 경향을 보였다.

2. 혈중 암모니아농도에 있어서 카페인투여의 효과는 태권도선수와 일반학생 간에 유의한 차이가 나타났다. 하지만 카페인 투여 시 암모니아 회복속도가 유의하진 않지만 빠른 경향을 보였다.

3. 혈중 Hemoglobin에 있어서 카페인의 효과는 태권도선수와 일반학생 모두 유의한 차이를 보이지 않았다.

이와 같이 본 연구에서 카페인의 급성투여가 혈중 젖산, 암모니아 농도의 변화를 고려할 때 중추피로 억제와 운동수행력이 향상되었으며, 운동경기력 향상을 위한 보조물로서의 가능성이 있음을 확인할 수 있었다. 혈중 Hemoglobin 농도 변화에 대한 것은 추후 연구가 요망된다.

참고 문헌

고기채. 김진수. 김은경(1999). Caffeine이 Periaqueductal Gray Neuronal Cell Ion Channels에 미치는 영향. 한국운동영양학회지, 3(1), 29~39.

김현영. 김기진(2002). 태권도선수의 훈련 시 비타민E와 C섭취가 심폐기능에 미치는 영향. 한국운동영양학회지, 6(3),291~300.

류승필. 장응찬. 김형렬. 이수천(1998). 운동과 카페인 투여가 에너지기질 및 글리코겐 함량에 미치는 영향. 한국운동영양학회지, 2(1), 77~86.

백영호. 염원상. 김세종(2000). 고교 농구선수의 비타민 B복합체 및 C 섭취 시 혈중 젖산 농도, LDH, CPK, 전해질 및 면역체계의 변화. 한국운동영양학회지, 4(1), 61~70.

서영환(2005). 스포츠영양학. 서울 : 대경북스.

안횡균 외28인(1992). 국민체력실태조사. 체육청소년부.

위승두(1995). 운동중 혈중 암모니아 및 젖산농도의 변화. 95 한국운동과학회 국제세미나.

윤진환(1987). 안정시 혈중 Hemoglobin농도가 운동시 심박수 변화에 미치는 영향. 성균관대학교 대학원 석사논문.

이광형(1998). 운동처방을 통한 유·무산소성 Training 후 심폐기능과 체력에 관한 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문.

이선장. 김학렬. 정국현(2001). 태권도 경기 시 심박수 및 혈중 젖산농도를 이용한 운동 강도 산출. 한국사회체육학회지,15, 685~695.

이승국(1997). 체중감량기간이 태권도 선수들의 무산소성 파워 및 심폐기능에 미치는 영향.

장주원(2005). 장기간 유도 수련이 비만청소년들의 유산소성 운동 능력과 혈청지질 변화에 미치는 효과. 용인대학교 체육과학대학원 석사학위논문.

조홍관. 이철원(1998). 육상장거리 선수의 카페인 투여가 혈중 Energy Substrate 변화에 미치는 영향. 한국운동영양학회지, 2(1),45~56.

정일규(1997). 최신운동영양학. 도서출판 대경. 364～365.

황수관, 허복(1980). 트레드밀 운동부하 회복기에 있어서 심폐기능의 변화. 한국학회지.

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 caff eine and tryptophan on rectal temperature, metabolism, total exerci se time, rate of perceived exertion and heart rate. *Brazilian Journa l Medicine Biol. Respiratory, 28*(6), 705-709.

Ament W, Huizenga JR(1997). Lactate and ammonia concentration in blood and sweat during incremental cycle ergometer exercise. int J Sports Med 1997; 18: 35-9.

Anderson, K. I. & Hart, J. S(1963). Aerobic working capacity of Eskimos. J Appl physical 18. pp432-436.

Anselme, F., Collomp, K., Mercier, B., Ahmaioi, S., & Prefaut, C.(1992). Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. *Eur. J. Appl. Physiol., 65,* 188-197.

Astand, P. O. & Rodahl, K.(1970). Textbook of work physiology. NewYork: Mcgraw-Hill. pp354～390.

Atkinson. D. E.(1977). Cellulare Energy Metabolism and Its Regulation. New york : Academic. pp.201～224.

Austrand, P.O.,,Rodanl K.(1970).Textbook of work physiology, New York,McGraw Hill Co,143.

Babij, P.S., Matthews, S.M., & Rennie, M.J.(1983). Changes in blood ammonia, lactate and amino acids in relation to workload during bicycle ergometer exercise in man. *Europ. J. Appl. Physiol., 50,* 405～411.

Bannister, E.W., Ragendr, A.W. & Mutch, J.C.(1986). Ammonia as an indicator of exercise stress implications of recent findings to sports medicine. *Sports Medicine. 2*, 34～46.

Beaumont, W.(1973). Red cell volume with changes in plasma osmolaity during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology,14*,47～50.

Bell, D.G., Jacobs, I., & Zamecnik, J.(1998). Effects of caffeine, ephedrine and their combination on time to exhaution during high-intensity exercise. *Eur. J. Appl. Physiol., 77*(5), 427～433.

Biaggioni, I., Paul, S., Puckett, A., & Arzubiaga, C.(1991). Caffeine and theophylline as adenosine receptor antagonists in human. *J. Pharmacol, Exp., 258*, 588～593.

Bonati, M., Latini, R., & Tognoni, G.(1985). Interspecines comparison of in vivo caffeine pharmacokinetics in man, monkey, rabbit, rat, and mouse. *Drug. Metab. Rev., 15*, 1355～1383.

Buchtal, F. & Schmalbruch, H.(1980). Motor unit of mammalian muscle. *Physiological Reviews, 60,* 90～142.

Buono, M.J., Clancy, T.R. & Cook, J.R.(1984). Blood lactate and ammonium is accumulation during graded exercise in humans. *J. Appl. Pthsiol., 54*, 582～586.

Collomp, K., Ahmaidi, S., Chatard, J.C., Audran, M., & Prefaut, C.(1992). Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *Eur. J. Appl. Physiol., 64,* 377～380.

Costill, D.L., Dalsky, G.P., & Fink, W.J.(1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. Med. Sci. Sports, 10(3), 155～158.

Dallman, P.R.(1987). Iron deficiency and the immune response. *Am. J. Clin. Nutr., 46,* 329～334.

Dewijn, J.F., dejongste, J.L., & Mosterd, W.(1971). "Hemoglobin, Packed Cell Volume, Serum Iron and Iron Binding Capacity of Selected Athletes during Training" *J. Sport. Med. Phy. fitness., 11,* 42-51.

Dodd, S.L., Herb, R.A., & Powers, S.K.(1993). Caffeine and exercise perfo rmance. *An update. Sports Medicine, 15*, 14～23.

Dudley, G.A., Staron, R.S., Murray, T.F., Hagerman, F.C., & Luginbuhl, A. (1983). Muscle fiver composition and blood ammonia levels after intense exercise in humans. *J. Appl. Physiol., 54,* 582~586.

Edward. L.F.(1979). *Sport Physiology.* W. b., Saunder Co. 165~171.

Ekblom, B., Astrand, P.O., Saltin, B., Stenberg, J., & Wallstrom, B.(1968). Effect of training on circulatory response to exercise. *J. Appl. Physiol., 24,* 518~528.

Evans WJ, Meredith CN, Cannon JE. et al., Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *J. Appl. Physiol. 1986 ; 61 : 1864.*

Falls, H. B., Baylor, A. M. & Dishman, R. K.(1980). Essentials of fitness, philadelphia. saunders college. pp7~241.

Forgelholm, G. M., R. Koskinen, J., Lakso, J., Rankinen, T., Ruokonen, I(1993). Gradual and rapid weight loss effects on nutrition and performance in male athletess. *Med. Sci. Sports Exerc. 25(3):37 1~377.*

Gaesser, G. A.(1999). Thinness and weight loss; benefical or detrimental to logevity?. *Med. Sci. Sports Exerc. 31(8): 1118~1128.*

Goodman, M. N. and J. M. Lowenstein. 1977. The purine nucleotide cycle ; studies of ammonia production by skeletal muscle in situ and in perfuse preparation. *J. Biol. Chem. 252:5054~5056.*

Gerald W. Gardner.(1975). Cardiorespiratory,hematological and physical performance responses of anemic subjects to iron treatment. Am.J.Clinical Nutrition,28(10),982~988.

Giles, D., & Maclaren, D.(1984). Effect of caffeine and glucose ingestion o n metabolic and respiratory functions during prolonged exercise. *Jo urnal of Sport Science., 2*, 35~46.

Grad, F.L., & Reinstin, J.A.(1967). Determination of caffeine in plasma by has chromatography. *J. Pharm. Suppl., 57*, 1703~1706.

Graham, T.E, Rush, J.W., & van, Soeren, M.H.(1994) Caffeine and exercise. Metabolism and performance. *Can. J. Apple. Phys., 19*(1), 111～138.

Graham, T.E., Kiens, B., Hargreaves, M., & Bichter, E.A.(1991). Influence of fatty acids and ammonia and amino acid flux from active human muscle. *Am. J. Physiology., 1,* 261.

Heald, J.N., Guezennec, C.Y., & Goubel, F.(1987). The aerobic-anaerobic transition:re-examination of the threshold concept including an electromyographic approach. *Eur. J. Appl. Physiol., 56,* 643～649.

Hursh, L. M.(1972) Food and water restriction in the wrestler. *JAMA. 241(9): 915～916.*

Huston, M. E., Marrin, D. A., Green, H. J. & Thomson, J. A.(1981). The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *JAMA. Vol. 241.*

Ivy, J.L., Costill, D.L., Fink, W.J., & Lower, R.W. (1979). Influence of caff eine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Medicin e and science in sports and exercise, 11*(1), 6～11.

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.

James JH., Jeppsson B., Ziparo V. & Fischer JE.(1970). Hyperammoni emin, plasma amino acid imbalance, and blood-brain amino aid transport; a unified theory of portal-systemic encephalopathy, Lancet., 2, 772～775.

Karlsson, J., Nordesjo, L.o., Jorfeldt, L., & Saltin, B.(1972). Muscle lactate, ATP, and CP levels during exercise after physical training in man. *J. Appl. Physio., 33*(2), 199～203.

Kjaer, M., Bangsbo. J., G. & Galbo, H.(1998). Hormonal response to exercise in man : influence of hypoxia and physical training.

American Journal of Physiology, 254, 197～203.

Le, Marghand, L., Frank, A.A,, Custer, L., Wilkens, L.R., & Cooney, R.V.(1997). Lifestyle and nutritional correlates of cutochrome CYPIA2 activity : Inverse associations with plasma lurein and alpha-tocopherol. *Pharmacogenetics, 7*(1), 11～19.

Lowenstein, J.M.(1972). Ammonia production in muscle and other tissue: the purine nucleotide cycle. *Physio., Rev., 52*, 384～414.

MacLean, D.A., Spriet, L.L., Hultman, E., & Graham, T.E.(1991). Plasma and muscle amino acid and ammonia responses during prolonged exercise in humans. *J. Appl. Physio., 70*(5), 2095～2103.

Mohr, T.M., van Soeren, M., Graham, T.E., & Kjaer, M.(1998). Caffeine ingestion and metabolic responses of tetraplegic humans during electrical Cycling. *J. Appl. Physiol., 85*(3), 970～985.

Mair, J., Koller, A., Artner-Dworzak, E., Haid, C., Wicke, K., Judmaier, W., and Puschendrof, B(1992). Effects of exercise on plasma myosin heavy chain fragments and MRI of skeletal muscle, *J. Appl. Physiol., 72, 656.*

Mathews, D. K. & Fox, E. L.(1981). The physiological basis of physical education and athletics. philadelphia saunders.

Morgan, W.P.(1972). *Hypnosis and muscular performance,* New York, Academy Press,193～233.

Newham DJ, Jones DA, Ewards RHT. Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. Muscle and Nerve 1983 ; 6 : 380.

Newsholme, E.A., Acworth, T.N., & Bloomstrand, E.(1987). *Amino acids, brain neurotransmitters, and a functional link between muscle and brain that is important in sustained exercise.* In : Advances in Myocyemistry, edited by G. Benzi. London : Libbey, Eurotext, 127～133.

Nobuo Tanaka(1980). Comparison of changes in erythrocyte count,hematocrit and ertthropointin levels induced by strenuos physical training between athletes and nonathletes. Jap.J.Phys.Educ,25,119-126.

Poehlman, E.T., Despres, J.P., Bessette, H., Fontaine, E., Tremblay, A., & Bouchard, C.(1985). Influence of caffeine on the resting metabolic rate of exercise-trained and inactive subjects. *Med. Sci. Sports Exerc., 17*(6), 689～694.

Sprague, K. & Reyholds, B.(1983). The Gold's gym book of body building. Chicago. Contemporary Book Inc.

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.

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. *American Journal of Physiology, 262*, 891～898.

Spriet, L.L.(2000). Caffeine protentiates low-frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. *International Journal of Sport Nutrition*, *5*, 84-99.

Spriet, L.L.(1995). Caffeine and performance. *International Journal of Sports Nutrition, 5,* 840～899.

Su, J. Y., & Hasselbach, W.(1984). Caffeine-induced calcium release from isolated sarcoplasmic reticulum of rabbit skeletal muscle. *Pflugers Arch., 400*(1),14-21.

Sugden, P.H., & Newsholme, E.A.(1975). The effects of ammonia, inorganic phosphate and potasium ions on the activity phosphofructokinases from muscle and nervous tissues of

vertebrates. *Biochem. J., 150*(1), 246~254. Review.

Tarnopolosky, M. A.(1994). Caffeine and endurance performance. Sports Med., 18(2), 109~125.

Tarnopolsky, M.A.(1994). Caffeine and endurance performance. *Sports Med., 18*(2), 109~125.

Terjung, R.L., Clarkson, P.M., & Eichner, E.R.(2000). The physiological a nd health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and sc ience in sports and exercise. 32*, 706~717.

Wang, Y., & Lau, C.E.(1998). Caffeine has similar pharmacokinetics and behavioral effects via the I. p. and p. o. routes of administration. *Pharmacol. Biochem. Behev., 60*(1), 271~278.

Wiles, J.D., Bird, S.R., Hopkins, J., & Rilley, M.(1992). Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceptive exertion during 1500-m treadmill running. *Br. J. Sports Med., 26*(2), 116~120.

Wilkerson, J.E., Batterton, D.L., & Horvath, S.M.(1977). Exercise-induced changes in blood ammonia levels in humans. *Europ. J. Appl. Physiol. 37,* 255~263.

Williams, J.H., Barnes, W.S., & Gadberry, W.L(1987). Influence of caffeine on force and EMG in rest and fatigued muscle. *Am. J. Phys. Med., 66*(4), 169~183.

Wilmore, J. H.(1974). Alteration in strength, body composition and isometric measurements consevgent to a 10 week weight training program. Med. Sci. sports. vol.6. pp133~138.

Wilmore, J. H., Davis, J. A.(1980). Physiological alterations consequent to 20 week conditioning programs of bicycling and jogging. Med. Sci. Sports. Exerc. 12(1). pp1~8.

Wilmore, Jack H., Costill, David L.(1999). Physiology of Sport and Exercise. second edition, Human Kinetics; pp 502~513.

저작물 이용 허락서

학 과	체 육	학 번	20067137	과 정	석 사
성 명	한글: 김 명 석 한문: 金 明 錫 영문: Kim, Myung-seok				
주 소	제주시 연동 강호체육관				
연락처	E-MAIL: kangho4490@konet.net H.P) 018-692-4490				
논문제목	한글: Caffeine 급성투여가 태권도 선수의 최대운동시 혈중 젖산, 암모니아 및 Hemoglobin 농도에 미치는 영향 영문 : The Effects of Acute Administration of Caffeine on Bloodlactic acid, ammonia and Hemoglobin Following Maximal Exercise in Taekwondo Players				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집・형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포・전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함.

2007년 12 월 일

저작자: 김 명 석 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하