

최 승 욱 교수지도
석사학위 청구논문

Circadian Rhythm에 따른 운동이
활성산소, 항산화 효소 및 생리적 변화에
미치는 영향

2007

성신여자대학교 대학원

체육학과

이 경 미

Circadian Rhythm에 따른 운동이
활성산소, 항산화 효소 및 생리적 변화에
미치는 영향

최 승 욱 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2006년 11월

성신여자대학교 대학원

체육학과

이 경 미

인 준 서

이경미의 석사학위논문을 인준함

심사위원 _____ ⑩

심사위원 _____ ⑩

심사위원 _____ ⑩

성신여자대학교 대학원

Circadian Rhythm에 따른 운동이 활성산소, 항산화 효소 및 생리적 변화에 미치는 영향

이 경 미

논문개요

인체에는 Circadian Rhythm이 존재하여 같은 강도의 운동이라 할지라도 어느 시간대에 운동을 실시하였는가에 따라서 운동의 효과가 달라질 수 있다. 활성산소는 일반적으로 격렬한 운동을 할 때, 근육과 간에서 안정시보다 2~3배정도 높게 증가한다고 보고 되어있다. 이러한 현상은 운동 중 내뿜는 공기 중 펜탄 농도의 수준의 증가와 관련이 있으며, 결과적으로 계속되는 과도한 훈련은 조직의 손상을 가져오게 되므로 적절한 운동 강도와 시간을 고려하여 운동하여야 한다. 이와 같이 운동시간에 따라 운동전·후에 증가되는 활성산소의 양을 측정하여 보다 적게 상승하는 시간대에 운동을 한다면 운동 중 활성산소의 활성으로 피해를 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 활성산소의 방어체계인 항산화 효소는 활성산소에 의존하여 증가를 나타내는데, 이를 토대로 오전 운동(09:00)과 오후 운동(14:00), 저녁 운동(20:00)에 따른 결과를 살펴볼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 S시 S여자대학교 여자대학생을 대상으로 Circadian Rhythm에 따른 Treadmill 운동이 활성산소와 항산화 효소 및 생리적 변화(혈당, 젖산, 체온)에 미치는 영향을 비교, 분석하여 효과적인 운동 시간대를 찾아 적합한 운동 프로그램을 개발하는데 제공하기 위한 과학적인 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

Circadian Rhythm에 따른 60분간의 60% VO_2R 중강도 Treadmill운동이 활성산소와 항산화 효소 및 생리적 변화(혈당, 젖산, 체온)를 평가하는데, 여자대학생(21.90 ± 2.26 yr)을 선택하여 MDA, SOD, 혈당, 젖산, 체온을 하루 중 다른 시간 때에 측정 하였다. 자료처리는 SPSS win 12.0 version으로 평균과 표준편차를 구한 뒤 Repeated measures Two-way ANOVA를 이용하여

Circadian Rhythm과 Exercise Pre·Post에 따른 상관관계를 살펴본 후, 시간 비교를 위해 Repeated measures One-way ANOVA로 Circadian Rhythm에 따른 MDA와 SOD의 변화에 관한 추이를 살펴본 결과는 다음과 같다.

- 1) Circadian Rhythm에 따른 60분간 Treadmill 운동 전·후 MDA의 변화는 오전 시간대에 유의한 증가를 보였다($p<.05$).
- 2) Circadian Rhythm에 따른 60분간 Treadmill 운동 전·후 SOD의 변화는 저녁 시간대에 유의한 증가를 보였다($p<.05$).
- 3) Circadian Rhythm에 따른 60분간 Treadmill 운동 전·후 혈당의 변화는 오전 시간대에 유의한 증가를 보였다($p<.05$).
- 4) Circadian Rhythm에 따른 60분간 Treadmill 운동 전·후 젖산의 변화는 모든 시간대에 유의한 증가를 보였다($p<.05$).
- 5) Circadian Rhythm에 따른 60분간 Treadmill 운동 전·후 체온의 변화는 오전 시간대에 유의한 증가를 보였다($p<.05$).

이상과 같이 Circadian Rhythm에 따른 여자대학생은 중정도 운동 강도 ($60\%VO_2R$)를 이용한 60분간의 Treadmill 운동시 각각의 시간대 안에서 MDA, SOD, 생리적 변화(혈당, 젖산, 체온)에 영향을 주는 것이 시사되었다. 결국 본 연구에서 내릴 수 있는 결론은 다음과 같다. 60분간의 Treadmill 운동 전·후 여자대학생은 Circadian Rhythm과 관련되어 활성산소, 항산화 효소, 생리적 변화(혈당, 젖산, 체온)에 영향을 미치는 것으로 사료되며, 저녁 시간대에 운동을 하는 것을 권장하는 바이다.

목 차

논문개요

| | |
|---------------------------|-----------|
| I. 서론 | 1 |
| 1. 연구의 필요성 | 1 |
| 2. 연구 목적 | 4 |
| 3. 연구 가설 | 4 |
| 4. 연구 제한점 | 5 |
| 5. 용어정리 | 5 |
| | |
| II. 이론적 배경 | 8 |
| 1. Circadian Rhythm | 8 |
| 2. 활성산소 | 12 |
| 3. 항산화 효소 | 16 |
| 4. 혈당(Glucose) | 19 |
| 5. 젖산(Lactate) | 22 |
| 6. 체온(Temperature) | 25 |
| | |
| III. 연구 방법 | 27 |
| 1. 연구 대상 | 27 |
| 2. 연구 절차 | 28 |
| 3. 연구 기간 | 29 |

| | |
|----------------|----|
| 4. 측정 장비 | 30 |
| 5. 측정 항목 | 31 |
| 6. 자료 처리 | 37 |

IV. 연구 결과 38

| | |
|--|----|
| 1. 60분간 Treadmill 운동 후 활성산소 변화 비교 결과 | 38 |
| 2. 60분간 Treadmill 운동 후 항산화 효소 변화 비교 결과 | 41 |
| 3. 60분간 Treadmill 운동 후 혈당 변화 비교 결과 | 44 |
| 4. 60분간 Treadmill 운동 후 젖산 변화 비교 결과 | 47 |
| 5. 60분간 Treadmill 운동 후 체온 변화 비교 결과 | 50 |

V. 고찰 53

| | |
|------------------|----|
| 1. MDA의 변화 | 53 |
| 2. SOD의 변화 | 57 |
| 3. 생리적 변화 | 60 |

VI. 결론 및 제언 64

| | |
|-------------|----|
| 1. 결론 | 64 |
| 2. 제언 | 65 |

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

| | |
|---|----|
| 표 1. 피험자의 신체적 특성 | 27 |
| 표 2. 연구 절차와 기간 | 29 |
| 표 3. 측정 장비 | 30 |
| 표 4. Circadian Rhythm에 따른 MDA의 변화 | 38 |
| 표 5. Circadian Rhythm과 운동 전·후 MDA의 분산분석 | 39 |
| 표 6. Circadian Rhythm에 따른 SOD의 변화 | 41 |
| 표 7. Circadian Rhythm과 운동 전·후 SOD의 분산분석 | 42 |
| 표 8. Circadian Rhythm에 따른 혈당의 변화 | 44 |
| 표 9. Circadian Rhythm과 운동 전·후 혈당의 분산분석 | 45 |
| 표 10. Circadian Rhythm에 따른 젓산의 변화 | 47 |
| 표 11. Circadian Rhythm과 운동 전·후 젓산의 분산분석 | 48 |
| 표 12. Circadian Rhythm에 따른 체온의 변화 | 50 |
| 표 13. Circadian Rhythm과 운동 전·후 체온의 분산분석 | 51 |

그림 목 차

| | |
|---|----|
| 그림 1. 연구 절차 | 28 |
| 그림 2. 신체구성 측정 | 32 |
| 그림 3. 운동 부하 검사 | 33 |
| 그림 4. 운동 테스트 | 34 |
| 그림 5. 60% VO_2R 의 운동 테스트 | 35 |
| 그림 6. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 MDA의 변화 ... | 40 |
| 그림 7. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 SOD의 변화 | 43 |
| 그림 8. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 혈당의 변화 | 46 |
| 그림 9. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 젖산의 변화 | 49 |
| 그림 10. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 체온의 변화 ... | 52 |

I . 서론

1. 연구의 필요성

인간은 수많은 일주기 리듬의 작용으로 24시간 내내 생리적·생화학적 상태가 현저하게 변화한다. 생물체계의 리듬성은 세포에서부터 사회적 행위에 이르기까지 모든 수준의 유기체에서 찾아볼 수 있다. 이들 리듬의 주기는 맥박과 같이 일초 이하의 주기를 갖는 것부터 일년 혹은 그 이상까지 다양하며, 이 가운데 일일 주기를 Circadian Rhythm이라 한다. 이는 리듬주기 중 잘 알려져 있을 뿐만 아니라 가장 중요하다(최선운 등, 1999).

인간은 일반적인 생활을 한다면 낮에 깨어있고 밤에 잠을 자는 주행성(晝行性) 생활을 한다. 햄스터와 같은 동물들은 밤에 활동하고 낮에 잠을 자는 야행성(夜行性) 생활을 한다. 이는 모든 생명체가 서로 다른 생활리듬을 가지고 있다는 것을 의미한다(Refinetti, 2000).

따라서 인체의 기능적인 상태에서 주기적인 변화는 많은 질병들의 발현과 증상 정도에 대한 개개인의 감수성이나 저항에서 낮과 밤의 차이를 초래한다(Smolensky & D'Alonzo, 1993).

인간에게 있어서 일주기의 변화는 인체기능의 변화로 신경계 및 내분비계 변화, 신장이나 간 기능, 체온, 심박수, 호흡수, 혈압, 혈액성분 등이 기능적·성분적으로 변화를 나타낸다(Mallardi, 1978).

Circadian Rhythm은 수면-활동주기(Sleep-wake), 체온 및 호르몬 등 100개 이상의 생리적 리듬을 조절하고 있으며, 여러 리듬들은 서로 연결되어 있다(Bloom & Lazerson, 1988). 이 가운데 Sleep-wake Rhythm은 외부적 요인으로도 작용하여 Circadian Rhythm을 조절하는데 영향을 미친다고 보

고되고 있다(Aschoff, 1994).

Circadian Rhythm은 외부환경의 영향이 오랜 시간을 거치면서 생물학적으로 습득되어 내적 요인화된 결과로 볼 수 있다. 내적 요인인 생체시계(Biological clock)는 우리 신체 내부에 있는 것으로 가정되며, 시상하부(Hypothalamus)내의 시신경교차상부핵(Suprachiasmatic Nucleus : SCN) 및 송과선(Pineal Gland)의 호르몬 분비에 의해 조절되는 것으로 알려져 있다(Liu et al., 2002; Ruby et al., 2002; Czeisler & Khalsa, 2000; Refinetti et al., 1992). 뇌의 시상하부에 있는 SCN이란 곳에서 생명의 시계 바늘이 돌아가면서 전신의 생명활동을 규칙적으로 지배하고 있다. 이처럼 인체는 Circadian Pacemaker를 통해 체내 생리의 주기성과 외부환경의 변화를 조화시킴으로써 최적의 건강 상태를 유지하고 있는 것이다(Morrey et al., 1994; Reinberg, 1989; Tagahashi et al., 1982).

이에 Mills(1974)는 건강과 질병에 있어서 시간적 구조 혹은 24시간 주기의 율동적 패턴이 있음을 지지하는 증거가 증가되고 있다고 하였으며, 인간의 성장, 노화 등을 포함한 시간과 관련된 변화와 신체리듬에 영향을 미친다고 하였다.

또한, 인간은 생명 유지를 위한 각종 세포의 대사과정에서 산소를 필요로 하지만 과식, 과로, 흡연, 스트레스 등과 같이 좋지 않은 생활 습관 등에 의해서 유해물질이 증가하고, 공해물질, 식품첨가물, 자외선, 방사선 등과 같은 환경적 요인에 의해서도 유해물질이 생성량이 증가한다. 체내의 적정수준의 활성산소는 인체대사 작용에 이로운 점도 있지만, 과다한 활성산소는 동맥경화, 심장질환과 뇌졸중, 당뇨병이나 비만과 같은 성인병, 암, 노화 등의 질병 뿐만 아니라 알츠하이머 발병의 원인이 되기도 한다(최승욱, 2006). 하지만 인간은 이러한 활성산소에 대항하는 강력한 항산화 물질을 가지고 있다.

이 효소는 활성산소를 제거하여 노화를 방지해 주지만 20대를 정점으로 서서히 감소한다. 따라서 어떠한 증상도 보이지 않는 활성산소로 인한 산화스트레스와 이에 대항하는 항산화력의 체내수치를 정확히 파악하여 건강관리와 질병예방의 척도로 삼아야 할 것이다.

지금까지의 트레이닝 효과에 대한 선행연구들은 운동강도나 빈도, 반복횟수 간의 휴식시간 등의 변화에 초점이 맞추어 졌으나 Circadian Rhythm에 따른 운동의 효과에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

개인에게 맞는 적절한 운동시간대의 선택은 트레이닝 효과를 배가(倍加)할 수 있는 트레이닝 방법의 한 부분으로 사료되며, 이러한 기전을 통한 추가적인 연구는 트레이닝 적용시 여가시간과 체력요소의 선택에 있어서 유용한 정보를 제공해 줄은 물론, 일반인의 체력 및 체중조절 프로그램과 엘리트 운동선수의 운동수행력 향상 및 컨디션 조절 프로그램 개발에도 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

따라서 대학생 스스로가 자신의 건강 수준을 깊이 인식하여 다가오는 장·노년기의 체력 유지 및 증진을 위한 계기를 마련하기 위해 활성산소와 항산화 효소에 대한 기초적 연구 및 Circadian Rhythm에 따른 운동프로그램을 제공하여 운동의 효과에 미치는 영향을 규명하는데 연구의 필요성이 있다.

2. 연구 목적

본 연구는 S시 S여자대학교에 재학 중인 대학생 10명을 대상으로 Circadian Rhythm에 따른 60분간 Treadmill 운동이 활성산소(MDA), 항산화 효소(SOD) 및 생리적 변화(혈당, 젖산, 체온)에 미치는 영향을 비교·분석하여 효과적인 운동시간대를 찾아 적합한 운동 프로그램을 제공하기 위한 과학적인 기초자료를 마련하는데 그 목적이 있다.

3. 연구 가설

본 연구의 가설은 다음과 같다.

- 1) Circadian Rhythm에 따른 Treadmill 운동이 여자대학생의 MDA의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 2) Circadian Rhythm에 따른 Treadmill 운동이 여자대학생의 SOD의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 3) Circadian Rhythm에 따른 Treadmill 운동이 여자대학생의 혈당의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 4) Circadian Rhythm에 따른 Treadmill 운동이 여자대학생의 젖산의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 5) Circadian Rhythm에 따른 Treadmill 운동이 여자대학생의 체온의 변화에 차이가 있을 것이다.

4. 연구 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 1) 본 실험에 참가한 피험자들은 여대생 10명으로 한정하였다.
- 2) 피험자들은 일상생활을 통제하지 못하였다.
- 3) 피험자들의 음식섭취를 통제하지 못하였다.
- 4) 피험자들의 유전적 특성 및 심리적 요인을 통제하지 못하였다.

5. 용어정리

1) 생체리듬 (Circadian Rhythm)

생물이 나타내는 여러 현상 중, 하루 정도의 주기(아침, 점심, 저녁)로 되풀이 되는 변화를 말한다. Circadian은 Latin어로서 circa는 ‘약, 대강’, dies는 ‘하루, 1일’이라는 뜻의 합성어이며, F.헬버그가 처음 사용한 말이다. 이 리듬은 외계의 일주성(日周性) 리듬과는 다른 생득적(生得的)·내적(內的) 체내 시계와 같은 것으로, 세포의 대사 리듬에 기초를 두고 있는 것으로 본다. 보통 22~28시간을 주기로 나타내며, 평균 25시간을 주기로 한다.

2) 시신경교차상부핵(Suprachiasmatic Nucleus : SCN)

크기 0.3mm, 시신경과 연계, 세포수는 약 8천에서 1만개로, 이들 세포를 낱개로 떼어내 재보면 세포마다 하루를 22-32시간의 범위 내에서 다르게 살며 이들 세포를 뭉쳐 놓으면 24시간의 주기로 변하고, 빛이 없으면 멜라토닌 생산으로 수면, 빛이 있으면 멜라토닌 생산을 정지한다.

3) 여유산소소비량 (V_{O_2} Reserve)

최대산소소비량과 안정시 산소소비량의 차를 의미한다.

4) 활성산소 (Free Radical)

사람이 호흡을 통해 얻는 산소는 에너지를 만드는 과정에 사용되어진다. 이 과정에서 대부분의 산소는 물로 환원되지만 일부는 물로 환원되지 않고 불안정한 환원이 일어나서 전자 하나를 잃어버린(=산화된) 매우 불안정한 산소 화합물이 된다. 환원되지 않은 불안정한 산소화합물을 ‘산소유리기’ 또는 ‘유리기’라 한다. 산소의 일종이나 산화력이 강한 유족물질이며, 다른 물질과 순간적으로 전자를 주고받음으로써 비(非)라디칼로 바뀌므로 연쇄반응이 강하다.

5) MDA (Malondialdehyde)

활성산소에 의해 지질이 산화되어 생성되는 지질대사 산물(지질과산화물질)로서 활성산소에 의한 산화를 측정하는 기준 물질이다.

6) 항산화 효소 (Antioxidant)

활성산소의 해를 없애거나 그 발생을 억제하는 기능을 가진 물질로, 제거제(Scavenger)라고도 한다. 일반적인 의미로 자신의 전자 1개를 활성산소에 줌으로써 활성산소를 안정된 구조로 바꾸어 연쇄반응을 차단하며, 자신도 안정된 분자구조를 유지함으로써 활성산소화 하지 않는 화합물이다. 항산화제의 종류는 체내에서 생성되는 내인성(Endogenous)물질과 외부에서 공급받아야 하는 외인성(Exogenous)물질로 나뉜다.

7) SOD (Superoxide Dismutase)

산화적 스트레스(Oxidative stress)를 가장 먼저 방어하며 효소의 한 종류로 Superoxide radical($O_2 \cdot$)을 (H_2O_2)와 물(H_2O)로 환원시키는 작용을 한다.

8) 혈당 (Glucose)

6개의 탄소원자로 구성된 단당류의 탄수화물로서 체내 에너지원이다.

9) 젖산(Lactate)

해당과정의 최종산물로서 Pyruvate의 환원에 의해 생성된다. 사람의 혈액 속에는 100ml당 5~20mg이 존재하며, 심한 운동에 의해 증가한다. 운동에 의한 근육의 피로는 글리코젠 분해에 의한 젖산의 축적과 관계가 있으며, 휴식 시에는 그 일부가 산화 분해되지만, 대부분 원래의 글리코젠으로 재합성된다.

10) 체온(Temperature)

동물체가 가지고 있는 온도로, 체내 물질대사의 산화과정의 결과 발생하며 몸의 표면으로 방출된다. 온혈 동물은 체온 조절 작용을 통하여 일정한 체온을 유지하는데, 사람의 정상 체온은 대략 36~37°C이다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 생체리듬(Circadian Rhythm)

인간을 포함한 모든 생물에게 존재하는 리듬은 자연현상에서 보편적으로 확인되는 율동성이다. 자연계는 일정한 리듬을 가지고 있으며, 인간도 자연계의 구성체로서 생활의 리듬이 있다(채범석, 1995).

여기서 생체리듬(Circadian Rhythm)은 하루 중 일어나는 생리적인 변화 요인들 중 한가지이다. 이를 중심으로 인체 생리학적인 면을 알아보는 것은 인체에는 여러 가지 다양한 주기적 리듬이 작용하고 있음을 인식하고, 여기에는 변화하지 않고 생활자체에 맞추어 나가려는 고유리듬과 노력과 학습으로써 바꿀 수 있는 리듬이 있다는 것을 깨달아 여러 가지 환경요인과 체질에 따라 각각 상이한 결과를 나타내기도 하므로 자연적인 환경 내에서 행동 리듬을 관찰 할 수 있다(홍성인, 1998).

어떤 개체가 내적 리듬을 일치·유지시키는데는 두 가지 기전이 작용하는데, 외부 환경의 자극 없이도 개체 고유의 리듬을 유발시킬 수 있는 생체시계(Pacemaker)와 Circadian Rhythm을 동조시키거나 편승시키는 환경적 시간단서(Time Giver) 두 가지 이다. 생체시계는 외부 환경의 자극 없이도 개체 고유의 리듬을 유발시키는 능력을 갖고 있으며, 또한 서로 다른 진동체로 구성되어 있어 외인성 요인에 의해 별로 영향을 받지 않는 특징을 지니며, 체온, 코티졸 분비, 요중 K^+ 농도 등의 리듬을 유발하는 비교적 안정된 진동체를 말하는 것이다. 이와는 반대로 외인성 요인에 의해 영향을 많이 받는 불안정한 진동체가 있는데, 이는 성장호르몬, 서파수면, 맥박, 기분, 수행 능력, 요량, 전해질 등의 리듬을 유발한다(Menaker, Takahashi & Eskin,

1978). 이 두 개의 진동체는 각기 다른 주기로 리듬을 발생시키나 상호작용을 통해 일정한 위상 관계를 유지하고 있으며, 환경과도 특정한 위상 관계를 보이면서 안정을 유지하게 되는 것이다(Takahashi & Zatz, 1982).

Circadian Rhythm은 인간의 심리적·행동적 적응에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 자신의 생리적 리듬에 어긋나게 활동을 해야 하는 경우 인지적·정서적 적응에 어려움을 가지게 된다. 한편 Circadian Rhythm에도 개인차가 있어서 어떤 사람들은 아침·낮에 더 활동적(아침 활동형)인 반면, 어떤 사람들은 저녁에 더 활동적(저녁 활동형)인 경향을 보인다고 밝혀졌다(김정기, 1998).

미국의 Three Mile Island 원자력 발전소 사고와 같이 산업 현장의 큰 사고들이 많은 경우 Circadian Rhythm에 의해 집중 및 수행능력이 가장 떨어지는 새벽 시간대에 일어났음을 알 수 있다. 실제로 Three Mile Island 원전사고 이후 인간의 다양한 자연적 리듬들의 변화에 대한 연구가 활발히 이루어 졌으며, 인간은 하루 중 시간에 따라서 사고 및 질병에 대한 취약성이 달라진다는 사실이 강조되고 있다(김정기, 1998).

이처럼 인체는 Circadian Rhythm을 통해 체내 생리의 주기성과 외부 환경의 변화를 조화시킴으로써 최적의 건강상태를 유지하고 있다(Morry et al., 1994).

운동은 신체를 구성하는 각종 성분뿐만 아니라 그 밖의 많은 요인에 영향을 주며, 신체의 성장·발달을 돕고 있다. 스포츠 과학은 개개인의 운동능력을 측정하고 이를 수치화·정량화된 자료로 제시하여 운동능력 수준에 맞는 프로그램을 설정하는데 이용된다.

스포츠 경기에 있어서 일주기 변화에 따른 신체기능의 변화는 특히 위도상의 차이 때문에 여행으로 인한 일주기 리듬의 붕괴는 중요한 국제경기에

치명적인 영향을 미치게 된다. 이에 따른 결과로 선수 간 경기력과 직접적으로 관련된 경기력 요인에서는 차이가 없지만 시합 당일 일주기 리듬의 변화가 있는 경기라면 선수들의 운동발현에 미치는 영향 차이로 경기의 승·패에 크게 영향을 미칠 수 있다고 볼 수 있다(홍성인, 1998). 인체의 생리적·심리적 리듬은 운동능력과 같은 관계를 가지고 있다는 전제하에 Circadian Rhythm 변인들의 운동반응에 대한 연구 등 운동변인과 관련된 연구가 이루어지고 있다.

이범철(1976)의 폐활량, 맥박, 하버드 스텝지수, 최대산소섭취량과 운동능력과의 상관관계를 비교한 연구에서 순발력은 폐활량, 최대산소섭취량과 관련이 높고, 민첩성은 맥박, 하버드 스텝지수와는 산소섭취량과 관련이 높은 것으로 나타나 운동능력과 생리적 요인과는 밀접한 관계를 보이기 때문에 일주기 변화에 따른 운동능력의 차이 검증은 생리적 요인측정을 통해 간접 추정할 수 있다고 보고하였다.

이에 소병혁(1983)은 남자 중학생을 대상으로 악력 변화의 유무를 실험하기 위해 6시, 10시, 14시, 18시, 22시에 악력을 측정하고 결과 오전 10시는 생체기능에 중요한 기능을 하고 있는 코티졸의 acrophase와 일치하는 시간이기 때문에 최대치를 나타내어 악력에 Circadian Rhythm이 있음을 보고하였다.

홍성인(1998)은 새벽, 오전, 오후, 야간에 20대 성인직장인의 등속성 각근력을 측정하고 결과 부하속도 60°/sec, 180°/sec, 240°/sec에서 오후에 높게 나타났다고 하며, 이는 일주기 변화에 따른 각 시간대별 측정 결과에서 신근이나 굴근력이 모두 오후 시간대인 3시에서 가장 높은 근력을 발휘하는 것으로 나타났고, 새벽에 가장 낮은 근력치가 나타난 것은 체온과 관련하여 신경 전달속도, 운동단위동원차이, 관절 주변근의 근육 유연도 등의 차이에

기인된다고 보고한(Klein, Wegman & Bruner, 1968) 선행연구와 같은 맥락으로 설명할 수 있다고 하였고, Melhim(1993)은 체육학을 전공하는 여대생 13명을 대상으로 무산소성 파워변인의 변화를 살펴본 결과, 원게이트 측정 방법에 의해 나타난 최고파워와 평균파워 변화를 4가지 시간대(03시, 09시, 15시, 21시)에서 측정한 결과 기계적 일량인 파워에서 오후시간대에 가장 높은 파워를 보였다고 보고하였고, 이소은(2005)은 Circadian Rhythm이 20분간 자전거 운동 후 에너지대사 및 순환반응에 미치는 영향을 측정한 결과 각각의 시간대 안에서 심혈관계(심박수, 혈압) 및 에너지 소비량, 탄수화물 산화량에 영향을 주어 저녁 시간대에 운동하는 것이 효율적이라고 보고하였다.

하지만 David 등(1991)은 9명의 남자대학생을 대상으로 4가지 시간대별로 안정시 심박수와 무산소성 파워를 측정한 결과, 심박수는 야간, 오후, 새벽, 아침 순으로 60~70beats/min사이에서 나타났으며, 무산소성 파워는 야간, 오후, 새벽, 오전 순으로 780~863watt사이에 발휘된다고 보고하여 기계적 일량에서 오전보다 오후가 기계적 운동량이 높게 나타난다고 보고한 것은 동일한 결과를 제시하고 있으나 야간의 운동량이 오후보다 높게 나타난 것은 다른 선행연구와의 차이를 보이고 있다고 보고하였다.

한편 김시영(2005)은 Circadian Rhythm에 따른 오전과 오후의 20대 남자 대학원생을 대상으로 성장호르몬, Melatonin, 체력항목, 신체구성을 측정한 결과 Growth hormone과 신체구성은 오전과 오후에 차이가 없는 것으로 나타났으나, Melatonin분비량과 체력항목은 오후에 더 높게 나타났다고 보고하였다.

2. 활성산소

전통적으로 많은 양의 산소를 소비할 수 있는 능력은 인체 기관의 효율성을 극대화할 수 있는 것으로 인식되어 왔다. 하지만 최근 연구들은 산소가 자연적인 노화 과정이나 여러 가지 질환에 있어서 잠재적인 악영향을 끼친다고 제안하였다(Maxwell, 1995). 이러한 'O₂ Paradox'는 운동중에 산소섭취량이 증가한다는 사실을 감안할 때 의미하는 바가 크다.

인체는 신체적 운동을 하게 되면 여러 가지 경로를 통해서 활성산소를 생성한다. 미토콘드리아는 생물학적 산화와 마지막 단계에서 이용되는 세포내의 미토콘드리아의 산화적 인산화(Oxidative Phosphorylation) 과정을 통해서 산소가 환원되면서 물과 이산화탄소를 생성하게 된다. 그러나 이 과정에서 약 2-5%의 산소는 불안전하게 환원되면서 결과적으로 O₂⁻(Superoxide) 라디칼을 형성하게 되고, 이렇게 형성된 O₂⁻는 구리와 철분의 존재 하에 과산화수소(H₂O₂)와 ·OH 라디칼을 형성하게 된다(Jenkins & Goldfarb, 1993).

이와 같이 미토콘드리아에서 생성되는 H₂O₂는 전자 전달계를 통한 체온 상승, 카테콜라민 양, 헤모글로빈 자동 산화율 증가에 의해 활성산소 생성을 증가시킨다. 운동중에 일어나는 골격근의 허혈에 의한 아데닌 뉴클레오타이드(Adenine Nucleotide)의 이화가 운동중에 발생될 수 있으며, 이것이 활성산소 생성을 촉진시킨다. 젠틴 산화효소(Xanthine Oxidase)는 하이포젠틴(Hypoxantine)과 젠틴(Xanthine)에서 전자를 NAD⁺ (Nicotinamide Adenine Dinucleotide)에 운반하는 효소로서 휴식 시 조직에서 미량 존재하지만 심장에서 허혈관 재관류로 활성화 되고, 격렬한 운동으로 인하여 젠틴 산화효소 촉매(Xanthine Oxidase-Catalyzed) 반응이 활성화되어 활성산소

생성이 증가되는 것으로 알려져 있다.

이러한 활성산소는 먼저 지구성 운동능력을 떨어뜨린다. 세포내의 미토콘드리아에서 불안정하게 산소를 산화시켜서 생성된 활성산소는 에너지로 이용되어야 할 산소를 불안정하게 하여 오히려 조직을 파괴하므로 산소 이용능력의 효율성을 떨어뜨린다.

무산소성 에너지 과정에 비하여 유산소성 에너지 과정에서 더 많은 양의 산소가 활동하는 조직에 공급되면 에너지를 공급하는 과정에서 풍부한 에너지를 가진 인산기가 형성되게 된다. 이러한 관점에서 본다면 안정시에 비하여 운동시에는 약 10-20배가 넘는 산소가 공급된다고 할 수 있다(Astrand & Rodahl, 1986). 따라서 더 많은 양의 활성산소가 유산소성 에너지 과정에 의한 운동시에 생산된다고 가정할 수 있다.

또한 활성산소는 불안정한 이온의 상태이기 때문에 운동력이 크고, 고온에서 더욱 자유로운 화학물질이다. 활성산소가 전자를 얻어 보다 안정된 상태를 유지하기 위해 인체의 각 조직이나 기관에 무수히 침투하여 전자와 결합하는 과정에서 각 세포의 변형과 손상을 야기시킨다(Jenkins & Goldfarb, 1993). 즉 인체에서 생성되는 활성산소종은 화학적 친화력이 크기 때문에 각종 세포들과 반응하여 세포의 구조적, 기능적 변화를 가져오고 결국 세포막을 파괴시키게 된다. 또한 DNA에 손상을 주어 유전 정보를 파괴시키며, 필수 효소들을 무력화시키는 것으로 알려져 있다. 이러한 결과는 각종 질병을 유발 또는 악화시키며 노화과정에도 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다(Gutteridge, 1992).

운동은 건강 증진을 위한 최상의 방법이지만, 운동 양이나 방법에 따라 효과는 상반적이다. 적절한 운동은 건강증진과 각종 질병의 예방과 치료에 효과적이지만(이강평 등, 2000), 부적절하거나 과도한 운동이 노화와 암 등

의 질병을 초래할 수 있다는 산소라디칼 이론(Oxygen Free Radical Theory)이 제시되면서 운동의 위험성이 강조되고 있다(Jenkins & Goldfarb, 1993).

이에 Alessio & Goldfarb(1988)는 고강도 달리기 운동 후 혈장 TBARS는 12%, 중강도 운동 후 골격근에서는 68%의 증가한다고 보고하였고, Kanter 등(1993)은 VO_{2max} 의 60%에서 30분간, VO_{2max} 의 90%에서 5분간 운동했을 때 혈청 MDA와 호기 펜탄가스의 농도가 모두 증가하였다고 보고하고 있으며, 건강한 성인을 대상으로 35분간 최대 유산소성 능력 90%의 고강도 운동을 실시한 결과 혈장 MDA의 수준이 유의하게 증가하였다고 보고하였다. Marzatico 등(1997)은 단거리 선수들에 있어서 단거리 형태의 운동 후 48시간까지, 그리고 마라톤 선수들에 있어서 지구성 운동 직후에 MDA농도가 증가함을 보고하였다. 또한 Child 등(1998)도 하프 마라톤 직후 혈장 MDA 농도의 40% 증가를 보고하고 있다.

특히 탈진 운동은 지질과산화를 증가시킨다고 보고(Alesso & Goldfarb, 1988)되고 있으며, 강도 높은 지구성 운동시 활성산소의 생산량이 증가함에 따라 지질과산화를 유발하고 유기체의 고분자와 세포구조에 손상을 유발할 수 있다고 하였다(Eiselt et al., 1996).

Davies 등(1982)도 훈련되지 않은 쥐를 대상으로 탈진적인 달리기 운동 후에 휴식시보다 81%의 MDA가 증가하였다고 보고하였다.

이처럼 운동 자극은 활성산소의 생성량을 증가시키며(Bank et al., 1994), 운동으로 인해 생성된 활성산소는 세포 및 조직 손상과 관련이 있다고 보고되고 있다(Tsopanakis & Tosopanakis, 1998). 운동 직후 MDA의 농도가 유의하게 높아진 것은 운동시 산화성 스트레스가 증가하여 유해산소인 superoxide radical($O_2^{\cdot -}$)등이 작용한 결과로 해석되어 고강도의 운동으로

산화성 스트레스가 높아지면 유해산소 생성량이 증가하여 세포손상의 비율도 높아지고, 그 부산물인 MDA의 혈청 유출이 증가한다(Cao & Chen, 1991).

수년동안 고강도의 운동 경기와 훈련에 임할 때 근육 손상과 통증이 유발된다고 알려져 있다. 어떤 경우는 심하면 근육과 결합조직에 기계적인 외상을 일으키며 다음날 통증을 초래한다. 그 원인으로 탈진적 최대운동은 활성산소(Free Radical)발생을 촉진하고 활성산소의 과잉 생성은 근육내의 세포와 세포막을 손상시키며 결국 근육 통증을 초래한다는 것이다. 인체는 신체 활동을 행할 때 산소를 필요로 하며 격렬한 운동 시에는 더 많은 산소 호흡을 필요로 한다. 그 결과 수많은 활성산소가 발생하며 산소 활성산소는 세포막을 파괴하거나 DNA를 손상시키는 등 산화작용을 일으켜 인체는 결국 약화된다는 것이다(Packer, 1997).

3. 항산화 효소

신체 활동은 산소섭취량을 증가시켜 그 부산물로 활성산소종의 증가를 초래한다(Kumar et al., 1992). 그러나 생체 조직들은 자유라디칼과 반응성 산소화합물의 독성에 대항하기 위한 방어기전인 항산화 물질을 통해서 그 효과를 반감시키거나 직접적으로 제거할 수 있다. 아연, 구리, 망간을 함유하고 있는 SOD(Superoxide Dismutase)는 O_2 에 $2H^+$ 를 반응시켜 H_2O_2 를 생성한다. 이 H_2O_2 에 CAT가 작용해서 HO_2 와 O_2 로 분해하여 유해산소를 제거한다. H_2O_2 분해효소인 CAT는 호기성 세포에 많이 분포되어 있으며, 운동에 따른 신체의 적응상태와 밀접한 연관이 있다(Storz et al., 1989). 항산화 체계 각각의 역할은 독특할 뿐만 아니라, 기능적으로 상호 보완적으로 작용한다.

활성산소의 첫 번째 생성물인 과산화 음이온을 H_2O_2 로 전환하는 역할을 하는 SOD와 과산화 음이온에서 발생한 H_2O_2 를 HO_2 과 O_2 로 무독화 시키는 CAT(Catalase) 등이 있다.

항산화 물질은 독자적인 작용이나 다른 작용을 보조하는 과정을 통하여 유해한 산소 분자로부터 인체를 보호하는 역할을 하는데, 외부에서 섭취해야 하는 비효소계 항산화제 비타민 E(α -tocopherol), 비타민 C (ascorbic acids), 프로비타민(β -carotene) 등은 항산화 효소와는 달리 생체 내에서 자연생성이 되지 않기 때문에 음식이나 약물로 섭취하여야 한다.

운동에 의한 항산화 효소의 활성변화는 운동기간과 운동강도에 따라 달라진다. 이에 Ji(1995)와 Sumida 등(1989)은 규칙적으로 훈련을 하게 되면 탈진 운동을 할지라도 산화방어능력이 증가되어 혈중 과산화지질의 농도를 감소시킨다고 하였으며, 더욱이 Davies 등(1982)은 탈진 운동 후 활성산소가

생성되지만, 항산화 효소 또한 증가하여 인체의 방어 역할이 공존한다고 하였다. 또한 Lawler 등(1994)의 연구에 의하면 10주간 운동을 시킨 그룹에서 항산화 효소 활성이 대조군보다 높게 증가하였다고 보고하고, 규칙적인 운동군과 비운동군을 비교했을 때, 혈중 항산화 물질의 농도와 항산화 효소 활성에는 현저한 차이가 있으며(Vincent et al., 2000), 혈중에서 뿐만 아니라, 근육 내 미토콘드리아와 세포질에서의 항산화 효소 활성도는 훈련에 비례하여 증가한다고 보고하고 있다.

즉, 규칙적인 유산소성 운동은 활성산소의 생성과 항산화효소의 활성에 관여하며 세포의 노화 및 각종 만성질환 예방에 중요한 역할을 할 수 있다는 것을 시사하고 있다(Yu, 1995).

지금까지 낮은 강도의 지구성 훈련에 의한 조직 내 활성산소의 방어능력을 향상시키는 기전은 명확히 있지 않지만(Jenkins, 1988), Mena 등 (1991)에 의한 연구에서 지구성 운동을 하던 집단이 단시간 운동을 할 때 항산화 수준이 증가되며, 싸이클 경기 후 선수들의 항산화 수준 또한 증가시킨다고 보고하였고, 이는 훈련된 집단의 경우 활성산소 증가에 반응하여 항산화 수준이 증가한 것으로 해석할 수 있다.

단기간 운동 시 쥐의 근육에서 CAT 활성이 증가하였으며(Salminen et al., 1984), 한 시간의 트레드밀 운동(21m/min, 12% grade)은 산화적 스트레스로서 조직에 따라 특정한 대사적 변화를 일으키고, 이러한 점은 운동이 지질 과산화의 지표인 산화적 스트레스를 증가 시키며(Alessio & Goldfarb, 1988), 항산화 상태를 변화시킨다는 것을 뒷받침 해주는 것이다(Ji et al., 1992).

또한 Marzatico 등(1997)은 단거리 선수와 마라톤 선수들이 해당 주종목의 운동을 했을 때 운동 직후 SOD활성도가 증가되는 것을 발견하였고,

Ji(1993)는 장기간 트레이닝이 골격근의 항산화 효소, 특히 ROS(Reactive Oxygen Species)생성에 관한 가장 중요한 조직 세포내 미토콘드리아에서 SOD 활성화를 증가시킨다고 보고하였다.

운동강도에 따른 항산화 효소의 활성 변화를 살펴보면 중강도의 운동은 사람의 혈액 중 혈소판의 SOD, GPX, CAT활성을 증가시켰으며(Kedziora et al., 1995), Quintanilha(1984)는 근육 SOD와 CAT의 활성화가 트레이닝으로 증가하였다고 보고하였고, 정덕조 등(1999)은 혈액내 항산화 효소의 활성을 증가시킴으로써 항산화 적응을 가져오며, 이에 따라 운동에 의해서 발생하는 자유라디칼의 발생을 효과적으로 방어 해준다고 보고하였다.

반면 Kayashima 등(1995)은 중강도(75% VO_{2max})에서 15분간 자전거 에르고미터 운동을 한 후 회복시(15분 후, 24시간 후) 인간의 혈청에서는 Mn-SOD 활성은 변화하지 않았으나 Cu, Zn-SOD활성은 감소하였다고 보고하고 있어 상반된 결과를 나타내었다.

4. 혈당(Glucose)

글루코스는 음식물로 섭취한 다당류가 소화효소의 작용으로 분해되고 소장 상부로부터 흡수되어 간장으로 운반된다. 혈액중의 글루코스 농도는 장에서 흡수, 간장에서 재생, 글리코겐의 합성, 분해, 말초조직에서의 글루코스 이용 및 신장으로 배설 등의 인자들의 균형으로 결정된다(이귀령, 1986).

글루코스의 내성은 에너지를 위하여 신진대사되는 글루코스의 효율성을 나타낸다.

글루코스의 조절에는 내분비계, 대사계, 신경계, 효소계가 복잡하게 관여하고 있다. 글루코스의 높은 순환수준이 췌장, 신장, 간, 심장과 심혈관, 눈 그리고 중앙과 말초의 신경조직에 해롭기 때문에 주로 과식과 운동부족에 의해 촉진되어지는 제2형 당뇨병은 대단히 위험한 질병이다. 동맥혈관에 있어 지질막의 형성은 뇌를 포함한 주요 인체기관의 혈류를 감소시키고, 심혈관의 능력도 저하시켜 연쇄적인 부정적 상황을 나타낸다. 이로 인한 부적절한 순환체계는 육체적 운동을 덜하게 만들고(그리고 아마 한층 높은 음식소비), 이는 결국 글루코스 내성을 더욱 악화시키는 결과를 낳는다(이소은, 2005).

하루 중 혈당치의 변동은 주로 식사 섭취에 의존되고 있는데 정상인의 공복 시 혈당치는 대개 70~100mg/dl이며, 당질이 풍부한 식사 섭취 후에도 150mg/dl를 넘는 일은 없다. 즉, 혈당치의 항상성은 생체 내에서 간을 중심으로 하는 혈액으로의 공급과 말초조직에서의 이용에 따라 미묘하게 조절되고 있는 것이다(葛谷, 1985).

혈당치의 변동을 24시간에 걸쳐 관찰한 결과, 이른 아침 공복 시의 혈당치보다 아침, 점심, 저녁의 세 차례의 상승기가 있으며, 야간에 접어들면 오전 4시경에 최저치를 나타내고 오전 8시경을 앞두고 상승하는 하루 중 변동

이 확인되었다. 이러한 혈당 변동에 수반하여 인슐린 분비량이나 기타 중간 대사물도 변동한다. 또한 혈당치의 식후 반응은 각 식사의 내용(성분)에 따라 다르다는 것은 말할 필요도 없다(Alberti, 1975; Asplin, 1979).

장기간 운동 시에는 근글리코겐과 혈중의 글루코스가 에너지 공급을 위해 골격근에서 산화되며, 외인성 글루코스로 혈중의 글루코스 이용율이 증가되면 탄수화물 산화를 증가시키고, 피로를 지연시킬 수 있다(Coggan & Coyle, 1989). 또한 운동중 혈중의 글루코스가 유지되면 근글리코겐 농도와 당원 분해율이 낮을 때에도 혈중 글리코스는 높은 비율로 산화되어 운동 후 반부에 강도 높은 운동을 할 수 있는 것으로 알려져 있다(Sherman et al., 1991).

이에 이승일 등(1986)은 운동은 체중감소 및 근육강화 증진과 혈액순환의 촉진 등의 일반적인 효과 이외에도 당뇨병 환자의 혈당을 강하시키는 효과가 있다. 그 생리적 기전은 확실히 밝혀지지 않았으나, 이는 인슐린 수용체가 보다 민감해져서 포도당 활용이 활성화되는 것으로 추측된다고 보고하였다. 운동이 세포 수용체에서 인슐린 감수성을 촉진한다는 설과 세포간의 대사과정을 조절하는 효소의 변화를 촉진한다는 설이 있지만, 운동으로 인하여 근육이 간에서 생성하는 것보다 많은 양의 포도당을 사용하여 혈액내의 포도당 농도를 떨어뜨린다는 기전은 확실하다고 보고하고 있으며, 안경애(1988)는 격심한 운동보다는 중정도의 지구성 운동이 보다 효과적이며, 운동 시뿐만 아니라 운동기간이 증가함에 따라서 공복 시의 혈당도 낮아지는 효과가 있다고 보고 하고있다.

황상익(1986)은 정상인을 대상으로 9주 동안 줄넘기 운동 후 운동 전·후의 혈당치 변화를 조사한 결과 Pre-Test 때보다 공복시는 물론 트레드밀 달리기에서도 낮은 수치를 나타냈다고 보고하였고, 최희남(1992)은 중년여성

을 대상으로 16주간의 유산소 운동을 실시한 결과 혈당 농도가 유의하게 감소하였으며, 고성식(1993)도 규칙적인 운동이 중년남성의 혈중 지질농도 및 혈당에 미치는 영향에 대한 연구에서 혈당치가 운동군이 대조군에 비해 유의하게 낮은 결과를 나타내고 있다고 보고하는 등 대부분의 연구결과 운동을 통해 혈당이 낮아진다는 것이 밝혀지고 있다.

5. 젖산(Lactate)

무산소성 작용의 부산물로써 근육 안에 젖산이 생성된다. 젖산은 운동중에 산소의 공급이 불충분한 상태, 즉 에너지의 요구가 많고 대사속도가 빠르게 증가되는 무산소 과정에서 생성되는데 근육의 피로의 주요원인이 되고 지속적인 산소의 활동이 저해되며 간에서 글리코겐으로 재합성되거나 신장에서 배설될 때까지 혈중에 확산되어 근수축을 불가능하게 하여 운동을 계속하기 어렵게 한다. 그러므로 젖산의 신속한 제거와 극복은 무산소 과정의 운동에서 중요한 문제가 되고 있다(신한섭, 1993).

운동 부하량이 클수록 더 많은 젖산이 생성되게 되는데, 젖산의 축적이 ATP와 PC가 방출될 때까지 젖산이 형성되지 않으며 ATP와 PC의 감소가 67%에 달해야 젖산이 축적되기 시작한다고 한다(Knuttgen et al., 1972). 젖산은 가속적으로 증가하며, 젖산이 일정한 수준에 도달할 때 비산화적인 에너지 생성과 젖산의 제거과정으로 혈중 젖산을 낮게 유지하기는 힘들기 때문에 운동은 틀림없이 계속될 수 없을 것이다(Karlsson, 1985).

이것은 혈중 젖산이 간으로 이동됨을 촉진함으로 당원질 재전환의 급속한 재분배, 심장에 의한 젖산이용의 증가, 활동근육의 연료로서의 젖산변화의 증가 때문이라고 본다(Gisolphi et al., 1966).

피로와 혈액내의 젖산 축적의 관련성은 1930년대 초기부터 야기되어 왔으며, 젖산은 대사물질 중 무산소성 대사물질로서(Davis, 1982), 신체활동으로 인하여 체내에 축적되면 피로를 수반하며 기능퇴화 현상을 보인다.

피로는 일반적으로 지친 상태로서 근육기능이 현저하게 저하된 상태를 의미하고, 피로의 원인과 관련하여 운동능력이 저하된다고 하였다.

운동을 통한 혈중 젖산 농도의 변화 양상을 규명함은, 체력 중 지구력과

근피로에 따라 근운동의 한계요인을 결정하는데 중요한 의미가 있다고 보고 있는데, 가장 높은 젖산농도는 지칠 정도의 운동에서 나타난다고 하였으며, Astrand 등(1970)는 운동중에 산소결핍에 의한 젖산의 생성은 무산소성 과정인 까닭에 계속적으로 산소결핍이 지속되는 매우 격심한 운동중 젖산농도도 계속 증가하여 활동근의 기능을 더 이상 발휘할 수 없게 하여 운동을 계속할 수 없게 한다고 하였다.

김종훈 등(1981)은 운동 시의 젖산 생성은 운동부하의 강도와 시간에 따라 다르며 심한 운동일수록 젖산의 생산량이 많은 편이라 했으며, Gollinick 등(1969)은 신체활동 중 ATP(Adenosine Tri-Phosphate) 소비와 제한성간의 불균형 또는 해당 작용과 근육내의 산소함유량간의 불균형에 있어서도 젖산은 생성된다고 하였다.

또한 Viru 등(1990)은 젖산은 운동강도가 낮은 부하에서는 산소공급이 비교적 충분하므로 큰 폭의 증가는 없으나 강한 운동 시에는 많은 양이 축적되고, 산소부채와 밀접한 관련을 가지고 있다. 고로 혈중 젖산농도(Blood Lactic Acid Concentration)는 운동강도와 밀접한 관련성을 가지고 있다고 하였다.

Rowell 등(1966)은 젖산의 제거는 위장 그리고 골격, 근육 등의 기관에서 이루어지며 뇌에서도 제거된다고 하였으며, 젖산제거가 완료하려면 최소한 1시간 이상 소요되는데(Astrand et al., 1970), 젖산의 제거는 운동 후 완전 휴식(정적휴식)보다 가벼운 운동을 할 때 더 빨리 제거된다고 한다.

이에 Brooks 등(1973)은 젖산이 운동이 끝난 후에 급격히 감소하여 1시간 후에는 안정시의 상태로 회복되어 진다고 하였고, Mary 등(1985)은 체내에 축적된 젖산은 운동 후 완전휴식 보다는 가벼운 운동(25% VO_{2max})이나 마사지로 혈중 젖산농도가 신속하게 제거될 수 있다는 증거를 제시해 주고 있

다.

Tzankoff & Norris(1979)는 젊은이의 조직들은 신속히 혈중의 젖산을 제거하며, 트레드밀 검사 후 7분 후에 혈중 젖산 수준이 이미 안정되어 있다고 보고하였다.

6. 체온(Temperature)

체온은 출생시부터 리듬을 보이는 것이 아니라 출생 후 4~6주부터 리듬이 나타나 2살에 이르러 진폭이 커진다.

Moore-Ede & Czeisler(1984)는 수면과 체온의 두 가지 Pacemaker가 서로 불가분의 관계로 연관을 맺고 있으면서 인간의 Circadian Rhythm 현상을 설명한다고 하였다.

하루생활은 행동, 휴식, 식사, 운동, 체온 등과 관계가 있으며 생체리듬의 내적 근원을 위한 증거를 시간에 따라 보면 순환, 수면, 체온, 아드레날린 피질, 소변량, 소변내 인산염, 소변내 나트륨과 칼슘, 신진대사율, 폐포의 이산화탄소, 헤모글로빈, 기생충 등의 전반적인 것들이 Circadian Rhythm과 관계가 있다(김시영, 2005).

체온은 그 양상이 뚜렷하여 리듬이 분명히 관찰되는 변화 중 하나로서 (Refinetti, 2000), Circadian Rhythm을 가장 잘 대표하는 신체반응으로서 많은 연구의 대상이 되고 있다(Sollberger, 1965). 인간의 Circadian Rhythm 중 가장 안정된 내인성 요인으로, 낮에 일하고 밤에 수면을 취하는 사람은 보통 체온이 낮 동안에 상승하고 밤에 하강하게 된다. 이것을 시간대로 보면, 체온이 가장 낮은 시간은 4시에서 6시 사이이고 그 후 10시까지 체온이 급격히 상승한 후, 점차적으로 상승하여 17~22시 사이에 정점에 도달하고 다시 밤늦게 급격히 떨어지며, 체온의 일중 변화폭은 0.5~1.5℃정도가 된다. 낮과 밤의 주기보다 조금 먼저 체온의 변화가 일어나며, 이것은 하루 중 일어나는 낮과 밤의 주기를 인체가 예견하고 있음을 말해준다(Refinetti, 2000).

Circadian Rhythm과 체온 변인들의 운동반응에 대한 연구 등 운동변인과

관련된 연구가 이루어지고 있으며, Reilly 등(1995)은 아침(08:30)과 저녁 시간(17:30)대의 자주적인 운동강도의 설정에 따른 생리학적 반응에 대하여 검토한 결과, 직장온도의 변화에 있어서 0.6°C 정도 낮게, 아침시간대에서 차이가 운동 전에 유의하게 나타났고, 운동 후에도 0.3°C 의 유의한 온도차이가 있었다고 보고하며, 아침시간대의 운동이 낮은 체온유지의 상태를 나타내는 것으로 보인다고 시사하였으며, 임난영(1985)은 산업체의 교대근무자와 비교대 근무자 각각 16명을 대상으로 6일간 낮 근무 동안의 수면-각성주기와 각성시간의 차이, 체온과 요중 Na^+ , K^+ 농도의 Circadian Rhythm 차이를 비교한 결과, 교대근무자의 수면-각성 주기의 빈도가 많으며, 체온 리듬의 위상이 지연되고, 요중 Na^+ 와 K^+ 농도의 위상이동이 심한 것으로 나타났으며, 이는 낮 근무자만을 대상으로 한 것으로 밤 근무시의 변화에 대해서는 제시되지 않았다.

또한 Reilly 등(1997)은 Circadian Rhythm에 따른 최대 및 최대하 운동중의 생리학적 반응에 대한 검토에서, 낮 시간대에 해당하는 13:50분대의 운동 후의 심박수, 직장온에서 유의한 변화를 나타내었다고 보고하였다.

인체의 기능면에서 볼 때, 체온, 맥박, 혈압, 혈류량, 적혈구, 자율신경의 긴장도 등은 일주기 변화를 보인다. 그 리듬은 오전보다 오후가 높은 것으로 나타나며 운동 시의 반응시간과 신경자극 전달속도 등도 오전보다 오후가 빠르다. 이러한 운동신경을 통한 자극 증가도의 감소에 따라 호흡수가 결정된다(김시영, 2005).

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 S시 S여자대학교에 재학 중인 대학생 10명 (21.90±2.26yr)을 대상으로 하였다.

피험자는 일상생활에서 운동습관이 없고, 대사성 질환이 없는 사람으로, 연구의 목적 및 조사 내용을 충분히 인지한 후, 연구에 자발적으로 참가하도록 하였으며, 이들의 신체적·생리적 특징은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

| 내 용 | (n=10) |
|---|-------------|
| 나이(yr) | 21.90±2.26 |
| 신장(Cm) | 162.97±4.98 |
| 체중(Kg) | 54.01±4.73 |
| 신체질량지수(BMI; Kg/m ²) | 20.36±1.84 |
| 체지방률(%) | 26.37±2.67 |
| 체지방량(Kg) | 14.8±2.37 |
| 체지방량(Kg) | 39.71±3.06 |
| 최대산소섭취량(VO _{2max} ; ml/kg/min) | 39.07±4.52 |

Mean±SD

2. 연구 절차

본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구 절차는 <그림 1>에 제시된 바와 같다.



그림 1. 연구 절차

3. 연구 기간

본 연구 기간은 <표 2>에 제시된 바와 같다.

표 2. 연구 절차와 기간

| 내 용 | 기 간 |
|-------------|----------------------|
| 문헌조사 및 주제선정 | 2005. 11 ~ 2006. 02 |
| 실험설계 | 2006. 02 ~ 2006. 03 |
| 사전검사 | 2006. 04 ~ 2006. 05 |
| 운동프로그램 실시 | 2006. 05 ~ 2006. 06 |
| 자료분석 | 2006. 06. ~ 2006. 08 |
| 논문작성 | 2006. 08 ~ 2006. 12 |

4. 측정 장비

본 연구에 사용된 측정 장비는 <표 3>에 제시된 바와 같다.

표 3. 측정 장비

| 분 류 | 모델명(국가) | 측정항목 |
|----------------|--|--|
| 체격 | neoGMTEC (Korea) | 신장, 체중 |
| 신체구성 | PRODIGY (USA) | 체지방량, 체지방률, 체지방량, 신체질량지수 |
| Treadmill | SHILLER MTM-1500 (Germany) | 운동강도의 설정 |
| 혈압 | Tango Suntec (USA) | 이완기/수축기 혈압 |
| 심폐기능 | Ergo Spirometry CS-200 BP-200(Germany) | VO ₂ , VCO ₂ , HR, ECG |
| 혈당 | Super Grucocard II (Japan) | 혈당 |
| 젖산 | Lactate Pro (Japan) | 젖산 |
| 활성산소 항산화 효소 | Sn33 (Italy) | MDA, SOD |

5. 측정 항목

본 연구는 S시 S여자대학교 운동처방실에서 실시하였으며, 구체적인 측정 항목과 방법은 다음과 같다.

1) 체격 측정

체격 측정은 Lohman 등(1992)의 방법을 이용하여 오전 09:00~11:00 사이에 이루어졌으며, 신장은 디지털 신장계를 이용하여 피험자에게 눈과 턱이 수평위치 직립 자세를 취하게 한 후, 발바닥에서 두 정점까지의 수직거리를 측정하였다(측정값은 0.1cm 단위 기록). 또한 체중은 탈의한 후 체중계의 중앙에 오도록 하고, 기록은 소수점 한자리까지 기입하고 단위는 kg으로 기록하였다.

2) 신체구성 측정

신체구성 측정은 이중X선 골밀도측정기(PRODIGY, GE Medical Systems Lunar)를 이용하여 체지방률(% Body Fat), 체지방량(Fat Mass : FM), 제지방량(Fat-Free Mass : FFM), 그리고 신체질량지수(Body Mass Index : BMI) 등을 측정하였다. 신체구성과 관련된 변인은 12시간동안의 완전한 공복 후 아침 9시에 측정하였다. 피험자는 X-ray 감쇄물질(안경, 벨트, 시계, 보석 등)을 제거하고, 옷을 완전히 탈의한 후 가운을 입고 측정하였다. Center Line에 맞춰 눕히고, 피검자의 머리와 Top Line 사이에 1-2cm 정도 간격을 두고, 양손을 쪽 펴고 손가락을 붙이도록 하였다. 또한 피검자가 움

직이는 것을 방지하기 위해 두 개의 Straps으로 무릎과 발목을 고정시키고 약 10분간 측정하였다.



그림 2. 신체구성 측정

3) VO_{2max} 의 산출을 위한 운동부하 검사

모든 피험자는 운동부하 검사를 이용하여 유산소성 운동 능력의 지표로 사용되는 VO_{2max} 를 평가하였다. 검사를 통하여 얻은 순환기능, 운동수행능력, 그리고 VO_{2R} , HRR 등의 결과를 향후 적합한 운동강도를 설정하는데 활용되었다.

모든 피험자를 대상으로 검사 전 기초의학 검사를 통해 위험요인을 가지고 있는지 여부를 철저히 점검하여 사고를 미연에 예방하도록 노력하였고, 본 연구의 목적 및 측정 기구에 대한 충분한 설명을 한 후 운동부하 검사 동의서에 서명을 받았다.

운동부하 검사는 실험상 오차를 줄이고 정확한 측정을 위하여 운동처방실 온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와 습도 $75\pm 1\%$ 를 유지하였다. Ergo Spirometry 자동호흡 대사 분석기를 충분히 준비운동을 시킨 후, 호흡감도 변환기와 가스 농도를 Calibration 하였다. 운동부하 검사의 <그림 3> Protocol(Bruce et al., 1973)은 Bruce Protocol로 Treadmill을 이용하여 초기 1.7mph, 10% grade, 3분 지속 후 매 3분마다 0.8~0.9mph속도와 2% 경사도를 증가시켜 어느 시점에서 피험자가 탈진하는지를 관찰하였다.

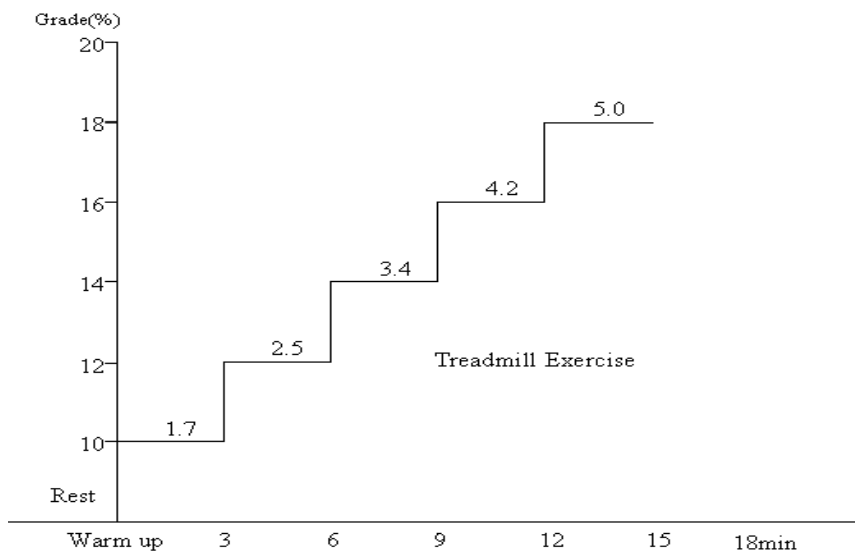


그림 3. 운동 부하 검사 (Bruce et al., 1973)

운동부하 검사 전에 안정시 혈압 및 심전도를 체크하였고, 다음 항목에 해당하는 자는 검사 도중 중지시키고 결과를 자료 분석에서 제외시켰다. 즉, 심장에 심한 통증을 호소하거나 ST 분절이 안정시보다 2mm 이상 증가 또는 감소를 나타내는 피험자, 수축기혈압(Systolic Blood Pressure)이

230mmHg 이상 증가 할 경우 검사를 중단시켰다. 또한 HR_{max} 의 90%수준에 도달하지 못하였거나 부하량을 증가시켰음에도 불구하고 마지막 측정 한 VO_2 값이 더 이상 증가하지 않거나 R값이 1.1을 만족시키지 못하는 경우가 이에 해당된다.

운동부하중에는 Borg(1982)에 의해 고안된 RPE(주관적운동강도)에 의해 피험자가 운동강도를 주관적으로 파악하도록 하였으며, 본인의 의지적으로 더 이상 실시할 수 없는 All Out(RPE 20) 상태에 도달하였을 때, 속도 적응 불가능, 이상 증상 발현 시에 즉각 정지될 수 있도록 하여 운동중 불의의 사고를 예방하였다. 검사 종료 후 정리운동을 한 후 의자에 앉아 최대한 편안한 상태에서 5분간 휴식을 취하도록 하였다.

측정시의 변인은 Breath by Breath의 방법으로 분석되었다. 검사항목은 체중당 산소섭취량(VO_2 / body weight), 심박수(Heart Rate : HR), 분당환기량(Ventilation : VE), 혈압(Blood Pressure)등을 측정하였다.



그림 4. 운동 테스트

5) 혈중 Glucose 와 Lactate 검사

운동중 에너지대사와 피로도 분석을 위해서 혈중 Glucose와 Lactate 검사를 안정시와 60분 운동 후에 대상자들의 검지 손가락에서 핑거팁을 이용하여 약 0.1cc의 혈액을 채취하였으며, 혈액 분석은 Super Grucocard II (Japan), Lactate Pro(Japan)를 이용하여 분석하였다.

6) 혈중 Free Radical 검사

운동중 활성산소를 측정하기 위해서 혈중 검사를 안정시와 60분 운동 후에 Sn33을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 검지 손가락에서 핑거팁을 이용하여 약 20 μ l의 혈액을 capillary채취하여 산성버퍼 1.2ml에 섞은 후 Cromogeno가 한 방울 떨어져 있는 큐빅에 부어 섞은 후, 1분간 원심분리시켰다. 큐빅은 광도계의 리드슬롯 안에 넣어 인큐베이션 3분간 분석 후에 2분 스캔을 하였다.

7) 혈중 Antioxidation Enzyme 검사

운동중 항산화효소를 측정하기 위해서 혈중 검사를 안정시와 60분 운동 후에 Sn33을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 검지 손가락에서 핑거팁을 이용하여 혈액을 채취하여 90초간 원심분리시켰다. 정색액이 들어있는 큐빅에 Ferro Cloruro 한 방울을 떨어뜨려 섞은 후 광도계의 리드슬롯 안에 3초간 넣어다 뺀 후, 90초간 원심분리 시켰던 혈액의 혈청만을 약 10 μ l 채취하여 섞는다. 큐빅은 광도계의 리드슬롯 안에 넣어 5분간 분석하였다.

6. 자료처리

모든 자료처리는 SPSS Win 12.0(ver.)통계 프로그램을 이용하여 분석하였으며 그 구체적인 방법을 제시하여 다음과 같다.

- 1) 집단별 각 변인들의 평균치와 표준편차를 구하고, Circadian Rhythm과 운동 전·후에 따른 효과 검정을 위하여 Repeated measures Two-way ANOVA를 실시하였다. 시기간 비교를 위해 Repeated measures One-way ANOVA를 실시하였으며, 사후 검증을 위해 t-test를 실시하였다.
- 2) 모든 통계적 유의 수준(p)은 .05%로 설정하였다.

IV. 연구결과

본 연구는 S시 S여자대학교 대학생 10명(21.90±2.26yr)을 대상으로 오전(09:00), 오후(14:00), 저녁(20:00)에 검사를 실시하였다. 각 운동은 가능한 한 신체적으로나 정신적으로 영향을 미치지 않도록, 7~10일 간격을 두고 실시하였다. Circadian Rhythm에 따른 60분간 Treadmill 운동 후 나타나는 MDA, SOD 및 생리적 현상(혈당, 젖산, 체온)의 변화에 대한 결과는 <표 4~13>에서 보는 바와 같다.

1. 60분간 Treadmill 운동 후 MDA의 변화 비교 결과

여자대학생의 생체리듬에 따른 60분간 Treadmill 운동 후 MDA의 변화 비교 결과는 <표 4~5>와 <그림 6>에서 보는바와 같다.

표 4. Circadian Rhythm에 따른 MDA의 변화 (U.CARR)

| | | t | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F |
|-------------|----|------------|--------|--------|--------|--------|
| | 오전 | 315.4±63.5 | | | | |
| Pre | 오후 | 302.9±55.2 | 4416.1 | 1.2 | 3574.5 | 2.4 |
| | 저녁 | 332.5±73.5 | | | | |
| | 오전 | 325.2±64.6 | -3.1* | | | |
| Post | 오후 | 307.3±60.3 | -.6 | 3774.1 | 2 | 1887.0 |
| | 저녁 | 334.3±77.0 | -.5 | | | |

Values are Mean±SD, *p<.05

여자대학생의 오후 시간대와 저녁 시간대 Treadmill 운동 후 MDA의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았다 그러나 오전 시간대 Treadmill 운동 후 $315.4 \pm 63.48 \text{U.CARR}$ 에서 $325.2 \pm 64.58 \text{U.CARR}$ 로 3.1%증가하여 유의한 차이를 보였다($t=-3.1, p<.05$).

그러나 여자대학생의 오전, 오후, 저녁 시간대에 따른 60분간 Treadmill 운동 전 MDA의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았고, 60분간 Treadmill 운동 후 MDA의 변화에서도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표 5. Circadian Rhythm과 운동 전·후 MDA의 분산분석

| | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|---------------------|---------|-----|---------|------|------|
| 생체리듬 × 운동 전·후 | 166.53 | 2 | 83.27 | .62 | .55 |
| 생체리듬 | 8023.60 | 2 | 4011.80 | .47 | .63 |
| 운동 전·후 | 426.67 | 1 | 426.67 | 3.18 | .09 |

* $p<.05$

생체리듬과 운동 전·후에 따른 상호작용의 효과는 유의하게($p<.05$) 나타나지 않았다. 또한 생체리듬과 운동 전·후 각각의 효과에서도 유의한 변화가 나타나지 않았다.

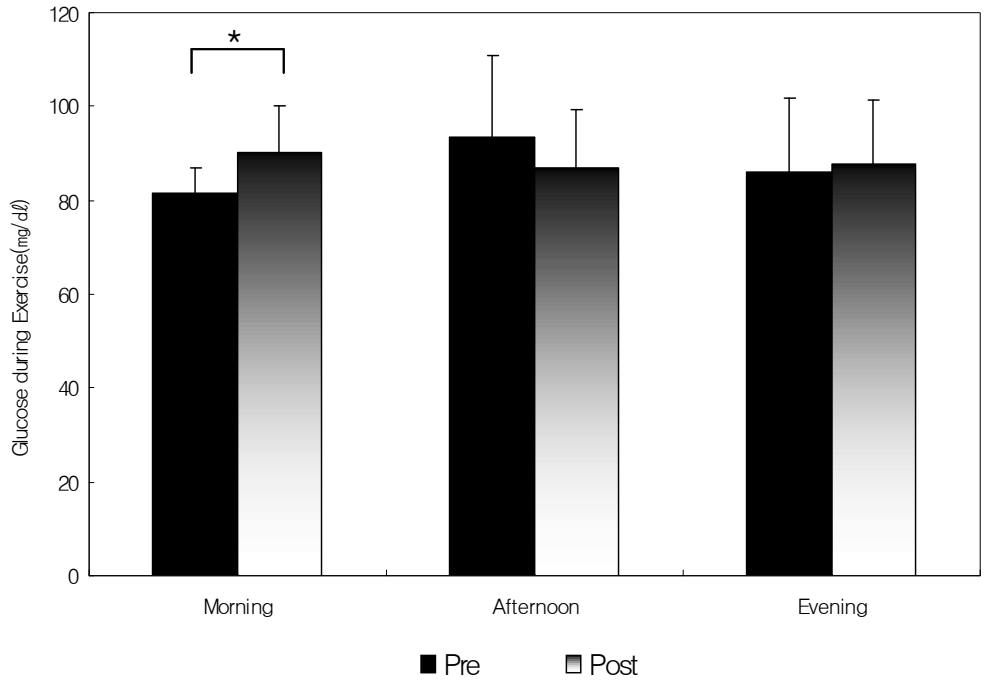


그림 6. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 MDA의 변화

2. 60분간 Treadmill 운동 후 SOD 변화 비교 결과

여자대학생의 생체리듬에 따른 60분간 Treadmill 운동 후 SOD의 변화 비교 결과는 <표 6~7>과 <그림 7>에서 보는바와 같다.

표 6. Circadian Rhythm에 따른 SOD의 변화 ($\mu\text{mol/L}$)

| | | | t | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F |
|-------------|----|--------------|-------|----------|-----|----------|-----|
| | 오전 | 2325.1±267.8 | | | | | |
| Pre | 오후 | 2397.1±309.0 | | 37126.7 | 2 | 18563.3 | .2 |
| | 저녁 | 2402.1±222.8 | | | | | |
| | 오전 | 2377.8±159.0 | -5 | | | | |
| Post | 오후 | 2518.4±241.3 | -1.6 | 202342.9 | 2 | 101171.4 | 2.7 |
| | 저녁 | 2572.7±243.2 | -2.7* | | | | |

Values are Mean±SD, *p<.05

여자대학생의 오전 시간대와 오후 시간대 Treadmill 운동 후 SOD의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 저녁 시간대 Treadmill 운동 후 2402.1±222.75 $\mu\text{mol/L}$ 에서 2572.7±243.20 $\mu\text{mol/L}$ 로 7.1%증가하여 유의한 차이를 보였다(t=-.5, p<.05).

그러나 여자대학생의 오전, 오후, 저녁 시간대에 따른 60분간 Treadmill 운동 전 SOD의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았고, 60분간 Treadmill 운동 후 SOD의 변화에서도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표 7. Circadian Rhythm과 운동 전·후 SOD의 분산분석

| | 제 곱합 | 자유도 | 평균 제 곱 | F | 유의 확률 |
|--------------------------|-----------|-----|-----------|------|-------|
| 생 체 리듬 × 운 동 전 · 후 | 35061.43 | 2 | 27300.60 | .49 | .55 |
| 생 체 리듬 | 204408.10 | 2 | 102204.10 | 1.17 | .29 |
| 운 동 전 · 후 | 197915.30 | 1 | 197915.30 | 6.08 | .02 |

*p<.05

생체리듬과 운동 전·후에 따른 상호작용의 효과와 생체리듬에 따른 각각의 효과에서는 유의한 차이를 나타나지 않았다. 그러나 운동 전·후 각각의 효과에서는 유의한 차이를 나타내었다(p<.05).

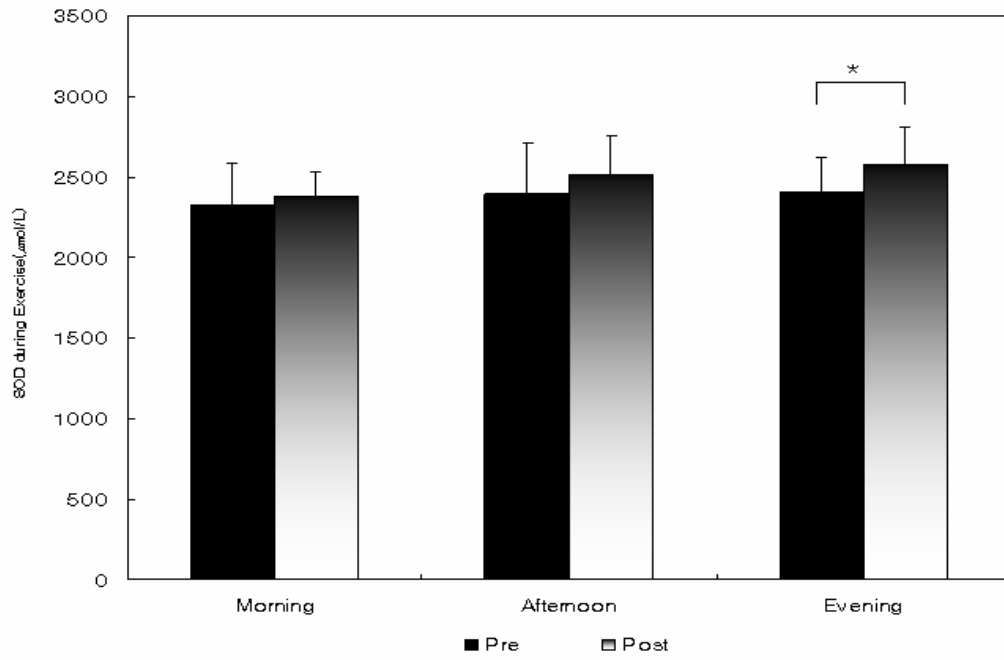


그림 7. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 SOD의 변화

3. 60분간 Treadmill 운동 후 혈당 변화 비교 결과

여자대학생의 생체리듬에 따른 60분간 Treadmill 운동 후 혈당의 변화 비교 결과는 <표 8~9>와 <그림 8>에서 보는바와 같다.

표 8. Circadian Rhythm에 따른 혈당의 변화 (mg/dl)

| | | | t | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F |
|-------------|----|-----------|-------|------|-----|-------|-----|
| | 오전 | 81.4±5.5 | | | | | |
| Pre | 오후 | 93.4±17.5 | | 73.3 | 2 | 365.6 | .18 |
| | 저녁 | 86.1±15.7 | | | | | |
| | 오전 | 90.2±9.8 | -3.0* | | | | |
| Post | 오후 | 86.8±12.5 | 1.4 | 62.1 | 2 | 31.0 | .4 |
| | 저녁 | 87.7±13.6 | -.6 | | | | |

Values are Mean±SD, *p<.05

여자대학생의 오후 시간대와 저녁 시간대 Treadmill운동 후 혈당의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 오전 시간대 Treadmill운동 후 81.4±5.46mg/dl에서 90.2±9.81mg/dl로 10.8%증가하여 유의한 차이를 보였다 (t=-3.0, p<.05).

그러나 여자대학생의 오전, 오후, 저녁 시간대에 따른 60분간 Treadmill 운동 전 혈당의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았고, 60분간 Treadmill 운동 후 혈당의 변화에서도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표 9. Circadian Rhythm과 운동 전·후 혈당의 분산분석

| | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|---------------------|--------|-----|--------|------|------|
| 생체리듬 × 운동 전·후 | 593.73 | 2 | 296.87 | 4.73 | .02 |
| 생체리듬 | 199.60 | 2 | 99.80 | .36 | .70 |
| 운동 전·후 | 24.07 | 1 | 24.07 | .38 | .54 |

*p<.05

생체리듬과 운동 전·후에 따른 상호작용의 효과는 유의한 차이를 나타내었다(p<.05). 그러나 생체리듬과 운동 전·후 각각의 효과에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

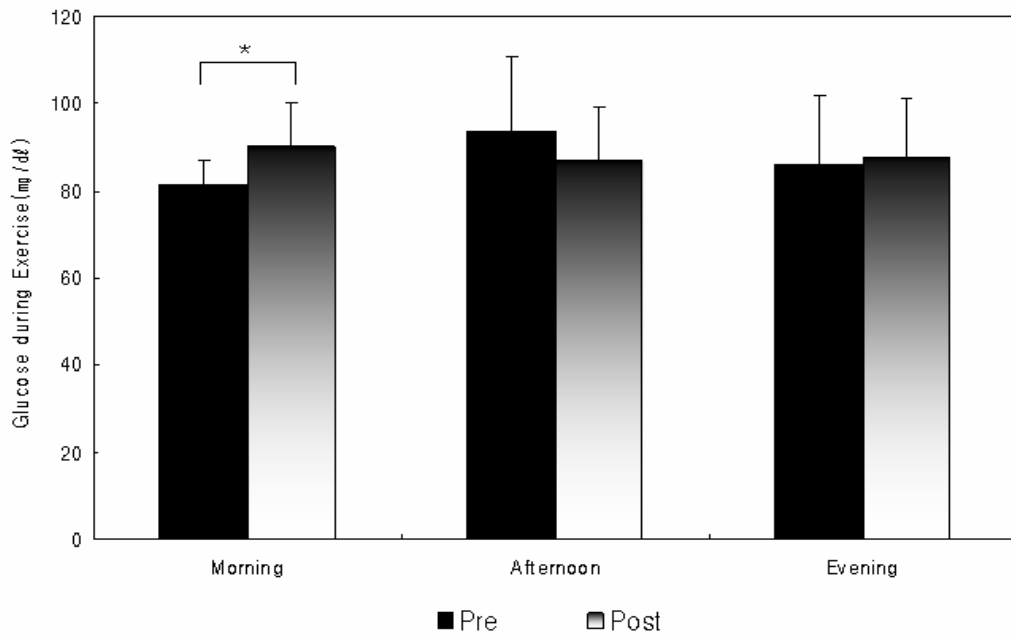


그림 8. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 혈당의 변화

4. 60분간 Treadmill 운동 후 젖산 변화 비교 결과

여자대학생의 생체리듬에 따른 60분간 Treadmill 운동 후 젖산의 변화 비교 결과는 <표 10~11>과 <그림 9>에서 보는바와 같다.

표 10. Circadian Rhythm에 따른 젖산의 변화 (mmol/L)

| | | t | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F |
|-------------|----|--------|-------|-----|------|-----|
| | 오전 | 1.2±.2 | | | | |
| Pre | 오후 | 1.0±.2 | .2 | 2 | .1 | 1.3 |
| | 저녁 | 1.1±.3 | | | | |
| | 오전 | 1.9±.6 | -4.5* | | | |
| Post | 오후 | 1.9±.5 | -5.9* | .6 | 2 | .3 |
| | 저녁 | 1.6±.4 | -4.7* | | | |

Values are Mean±SD, *p<.05

여자대학생의 오전 시간대 Treadmill 운동 후 젖산의 변화는 1.15±.23mmol/L에서 1.92±.59mmol/L로 67.0%증가하여 유의한 차이를 보였으며(t=-4.5, p<.05), 오후 시간대 Treadmill 운동 후에도 .97±.19mmol/L에서 1.9±.54mmol/L로 95.9%증가하여 유의한 차이를 나타냈다(t=-5.9, p<.05). 또한 저녁 시간대 Treadmill 운동 후 젖산의 변화는 1.06±.27mmol/L에서 1.6±.37mmol/L로 50.9%증가하여 유의한 차이를 나타냈다(t=-4.7, p<.05). 오전, 오후, 저녁 시간대에 따른 60분간 Treadmill운동 후 젖산의 변화에서 모두 유의한 차이를 보였다.

그러나 여자대학생의 오전, 오후, 저녁 시간대에 따른 60분간 Treadmill 운동 전 젖산의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았고, 60분간 Treadmill 운동 후 젖산의 변화에서도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

표 11. Circadian Rhythm과 운동 전·후 젖산의 분산분석

| | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|---------------------|------|-----|------|-------|------|
| 생체리듬 × 운동 전·후 | .38 | 2 | .19 | 1.71 | .20 |
| 생체리듬 | .42 | 2 | .21 | 1.05 | .37 |
| 운동 전·후 | 8.36 | 1 | 8.36 | 74.20 | .00 |

*p<.05

생체리듬과 운동 전·후에 따른 상호작용의 효과와 생체리듬의 각각의 효과에서는 유의하게 나타나지 않았다. 그러나 운동 전·후 각각의 효과에서는 유의한 차이를 나타내었다(p<.05).

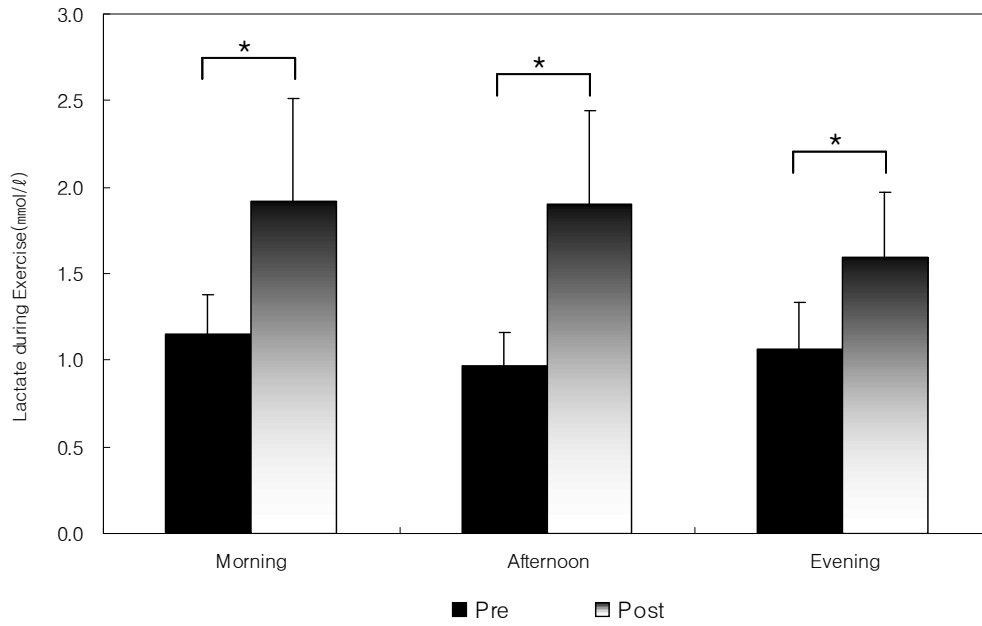


그림 9. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 젖산의 변화

5. 60분간 Treadmill 운동 후 체온 변화 비교 결과

여자대학생의 생체리듬에 따른 60분간 Treadmill 운동 후 체온의 변화 비교 결과는 <표 12~13>과 <그림 10>에서 보는바와 같다.

표 12. Circadian Rhythm에 따른 체온의 변화 (°C)

| | | t | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F |
|-------------|----|---------|-------|-----|------|------|
| Pre | 오전 | 35.8±.5 | | | | |
| | 오후 | 36.1±.4 | 1.9 | 2 | .9 | 9.6* |
| | 저녁 | 36.4±.4 | | | | |
| Post | 오전 | 36.4±.6 | -7.0* | | | |
| | 오후 | 36.3±.4 | -1.8 | .5 | 2 | .2 |
| | 저녁 | 36.6±.5 | -1.3 | | | |

Values are Mean±SD, *p<.05

여자대학생의 오후 시간대와 저녁 시간대 Treadmill 운동 후 체온의 변화는 유의한 차이는 나타나지 않았다 그러나 오전 시간대 Treadmill운동 후 35.8±.48°C에서 36.44±.60°C로 1.8%증가하여 유의한 차이를 보였다(t=-7.0, p<.05).

표 13. Circadian Rhythm과 운동 전·후 체온의 분산분석

| | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|---------------------|------|-----|------|-------|------|
| 생체리듬 × 운동 전·후 | .56 | 2 | .28 | 2.96 | .07 |
| 생체리듬 | 1.77 | 2 | .88 | 2.52 | .10 |
| 운동 전·후 | 2.02 | 1 | 2.02 | 21.33 | .00 |

*p<.05

생체리듬과 운동 전·후에 따른 상호작용의 효과와 생체리듬의 각각의 효과에서는 유의하게 나타나지 않았다. 그러나 운동 전·후 각각의 효과에서는 유의한 차이를 나타내었다(p<.05).

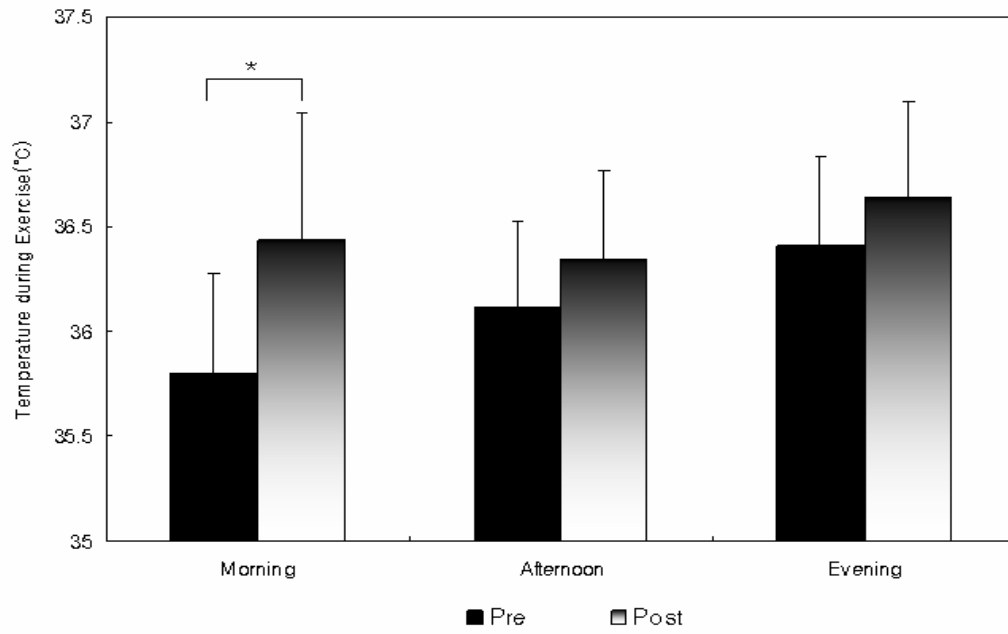


그림 10. Circadian Rhythm에 따른 60분간 운동 전·후의 체온의 변화

V. 고찰

본 연구는 S시 S여자대학교에 재학 중인 대학생(21.90 ± 2.26 yr)의 일일 중 다른 시간대인 오전(09:00), 오후(14:00), 저녁(20:00)에 MDA, SOD 및 생리적 변화에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하고, 분석하여 효과적인 운동시간대를 찾아 여자대학생에게 적합한 운동 프로그램을 제공하기 위한 과학적인 기초자료를 마련하는데 그 목적이 있다. 아직까지 Circadian Rhythm이 운동 후 MDA, SOD 및 혈당, 젖산, 체온에 미치는 영향에 관한 연구는 국내외 연구된 바가 미흡하여 실증 자료에서 얻어진 여러 결과를 바탕으로 선행연구와 비교하여 논의하고자 한다.

1. MDA의 변화

활성산소는 인체 구성 성분의 최소단위인 세포내 DNA 손상과 변형 그리고 과산화물을 생성함으로써 세포의 손상은 물론 노화 및 각종 질병을 유발시키는 것으로 알려져 있다(Niess et al., 1999).

안정시 대사에서도 2~5%의 산소가 전자수용체로부터 흘러나온 단일전자와 결합하여 활성산소(Oxygen Free Radical) 또는 반응성 산소화합물(Reactive Oxygen Species)의 생성에 관여하는 것으로 알려져 있다(Chance et al., 1979). 특히 격렬한 운동중에는 산소섭취량의 증가, 조직의 허혈-재혈류, 전단 응력(Shearing Stress), 카테콜라민의 자가산화로 인해 과잉의 활성산소가 생성되며, 이들은 반응성이 높기 때문에 안정된 물질로부터 전자를 추출하게 된다(Jenkins et al., 1993).

Davies 등(1982)은 유기체의 세포막에 있는 다불포화 인지질이 산소분자

상태에서 활성산소의 공격을 받게 되면 연쇄반응이 일어나 지방산 파괴, 탄화수소가스 및 지질과산화물의 형성을 초래한다고 보고하였고, MDA는 단백질과 효소의 교차결합(Cross-Linkage)을 유발하는 독성 화합물이며, 생리학적인 기능을 저하시킬 수 있다고 보고하고 있다.

인간은 많은 양의 산소를 이용하는 큰 동물이다. 만약 인간이 운동 이후 회복시 호흡을 할 때 산소의 1%가 과산화물 라디칼을 생성한다면 약 .15mol/일 또는 50mol/년으로 적지 않은 양의 과산화물 라디칼이 발생하게 된다. 특히, 산소 소비량이 많은 운동시에는 더 많은 활성산소가 생성될 것이다 (Halliwell, 1997).

활성산소와 운동에 관한 대부분의 선행연구들에 의하면, Packer(1997)는 수년동안 고강도의 운동경기와 훈련에 임할 때 근육 손상과 통증이 유발되고, 어떤 경우는 심하면 근육과 결합 조직에 기계적 외상을 일으키며 다음날 통증을 초래한다. 그 원인으로 탈진적 최대 운동은 활성산소(Free Radical) 발생을 촉진하고 활성산소의 과잉 생성은 근육내의 세포와 세포막을 손상시키기 때문이다. 또한 인체는 신체활동을 행할 때 산소를 필요로 하며 격렬한 운동 시에는 더 많은 산소를 필요로 한다. 그 결과 수많은 활성산소가 발생하며 활성산소는 세포막을 파괴하거나 DNA를 손상시키는 등 산화작용을 일으켜 인체는 결국 약화된다고 보고하였다. Polidori 등(2000)은 산소를 많이 소비하는 운동선수들의 조직세포는 산소 활성산소의 공격에 항상 노출되어있는데, 이것은 운동에 의한 미토콘드리아의 호흡량은 증가되고, 부수적으로 생산된 활성산소에 의해 산화적 스트레스가 심화되어 조직이 손상되며, 과산화 지질이 증가하는 것이라고 보고하였다. 즉, 격렬한 운동에 의해 증가된 활성산소의 활성은 체내 항산화 효소의 방어 작용을 초월하여 세포막과 유전자의 손상 및 변성을 초래한다는 것이다(이승균, 2002).

본 연구에서는 중강도의 Treadmill 운동을 한 결과, 오전, 오후, 저녁시간대에 따른 MDA의 생리적인 시간적 차이는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 운동 전·후의 증가량으로 보아 오전, 오후, 저녁 시간대의 운동중 오전 운동이 MDA가 많이 발생하였다는 결과를 나타낸다고 볼 수 있다.

이는 강희성 등(1990)의 연구에서 일일 각 운동시간대에 있어서 이른 아침과 저녁 시간대에는 오후 시간대보다 심장에 더 큰 부하를 받게 되며, 이와 같은 경향은 운동강도가 높아질수록 커진다고 하였다. 가벼운 운동강도의 경우에는 각 시간대에 차이가 없었으나, 운동강도가 증가함에 따라 이른 아침 시간에 심장이 받는 부하도는 다른 시간대에 비하여 더 커지는 경향을 나타내었다고 하였다. 또한 운동중 심장이 받는 부하도는 가벼운 운동 시에는 차이가 없으나, HR이 135beat/min 이상이 되는 중강도 이상의 운동 시에는 이른 아침에 운동을 할 경우 운동강도의 증가에 따라 심장이 더 큰 부하를 받게 된다고 보고하고 있으며, 이소은(2005) 역시 이른 아침에 운동을 할 경우 야간의 발한에 의해 수분부족상태로 되어 체수분량이 감소하게 되고, 탈수상태(수분 부족)와 더불어 체온이 낮고 운동에 적합한 신체 상황이라고 말하기 어렵다고 보고하였다.

협심증과 같은 심장질환이 조기 운동시에 발작되는 빈도가 높고, 조기 운동시 운동내성이 낮은 경우가 많다고 알려져 있는데, Framingham Study(Willich et al., 1986)와 Muller 등(1985; 1987)은 조기운동중에 심장 이상으로 일어나는 돌연사(Sudden Death)사고가 많다고 보고하였다.

이상의 논의를 종합해 볼 때, 오전시간대에 중강도의 운동에서는 다른 시간대에 비해 운동에 적합하지 않은 신체 상황과, 심장에 더 큰 부하를 받게 되어 이에서 오는 스트레스로 인해 활성산소가 증가한다고 사료된다.

그러나 이외에도 Circadian Rhythm이 인체에 지대한 영향을 미칠 가능성이 있으나, 활성산소에서 Circadian Rhythm의 역할에 대해서는 아직 연구가 미흡한 실정에 있기 때문에 앞으로 여러 가지 측면에서 다양한 연구가 수행되어야 할 것이며, 생리적인 시간 차이와 트레이닝 효과의 관계에 대한 다양한 논의가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

2. SOD의 변화

인체는 활성산소에 의한 산화적 손상으로부터 스스로를 보호할 수 있는 항산화 효소를 가지고 있다. 생체 조직들은 자유라디칼과 반응성 산소화합물의 독성에 대항하기 위한 방어기전인 항산화 효소를 가지고 있어서 그 효과를 반감시키거나 직접적으로 제거할 수 있다.

Bast 등(1991)은 미토콘드리아 기질(Matrix)이나 조직에 산화 스트레스(Oxidative Stress)에 대한 항산화효소들이 존재하기 때문에 정상상태에서는 전자전달계에 생긴 활성산소에 대해 어느 정도의 방어력을 유지하고 있으며 비정상적으로 증가하는 활성산소나 이를 제거하기 위하여 그 생성이 증가하거나 활성도가 높아지는 기전을 통해 손상을 막을 수 있다고 하였다.

특히 운동 시 필연적으로 증가되는 산소는 독성이 있기 때문에 항산화 효소가 필요하며, 이 항산화 효소는 산소의 독소에 대한 영향을 막아준다(한주희, 2005).

항산화 효소와 운동에 관한 대부분의 선행연구에 의하면, 훈련에 적응되지 않은 상태에서 한차례의 1회성 운동은 조직에 산화성 스트레스를 유발하는데(Tiidus et al., 1999), 단기간 또는 장기간의 신체적 스트레스로부터 유도된 활성산소는 체내의 지속적 적응현상인 항산화방어기전(Antioxidant Defense Mechanism)을 자극하여 다시 정상수준으로 회복하게 하고, 이러한 적응현상은 운동을 지속할 수 있도록 하여 미토콘드리아의 산화효소 적응에 중요한 역할을 담당하게 된다고 보고하였다(Leeuwenburgh et al., 1997).

이에 Ji(1993)는 장기간의 유산소 트레이닝이 골격근의 항산화 효소, 특히 세포내 조직인 미토콘드리아에서의 SOD와 GPX를 증가시킨다고 보고하였으며, Vincent 등(2000)은 쥐와 인간을 대상으로 한 연구에서는 규칙적인 훈

런 집단과 비 훈련 집단을 비교했을 때, 혈중 항산화 물질의 농도와 항산화 효소 활성에는 현저한 차이가 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 중강도의 Treadmill 운동이 실시되었고, 오전, 오후, 저녁 시간에 따른 SOD의 생리적인 시간적 차이는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 운동 전·후의 증가량으로 보아 오전, 오후, 저녁 시간대의 운동중 저녁 운동이 SOD가 많이 발생하였다는 결과를 나타낸다고 볼 수 있다.

이러한 결과는 이소은(2005)의 저녁 운동에서는 이른 아침과 비교해볼 때 수분섭취상황이 개선될 것으로 예상된다는 보고와 김시영(2005)의 하루 동안의 주기를 보이는 Melatonin의 경우 야간 시간대에 이르러 빛의 감소와 함께 증가되는 분비량과 운동자극을 통해 추가된 분비량이 중첩되어 평상시보다 높은 수준으로 누적된 Melatonin이 장기간 지속되어 운동능력이 증가한다는 보고와 유의하였다.

Manfredini(1998)은 환경 영향, 온도, 기상조건, 계획된 시간의 사건과 같은 고려사항등이 일반화를 어렵게 하더라도 대부분의 운동성과의 구성요소들은 낮 시간 동안의 리듬변이와 초저녁에 최고점에 달한다고 보고하였다.

하루 중 초저녁 시간은 재반응 시간의 최고점으로 악력, 팔꿈치 유연 강도, 고강도로 지속되는 일의 수행 시 젖산 염 생산, 그리고 통증인자로 특징지어지는데, 사람들이 40분 미만의 연습에서 아무 지각의 변화 없이 초저녁에 최고의 능력을 달성했고, 젊은 성인들 내에서는 80분 이상의 운동 시 아침보다 저녁이 평균 능률이 높으며, 저녁 트레이닝후의 근육강도의 향상이 아침 운동 후 보다 20%가 높다고 보고하였다. 또한, 수행 능력에서 각각의 차이가 통제될 때, 멀리뛰기와 높이뛰기 능력이 초저녁에 높다는 것이 발견되어졌으며, 수영 능력도 24시간 평균값에서 11~14%가 차이가 난다고 하

였다.

이상의 논의를 종합해 볼 때, 저녁시간대에 중강도의 운동에서는 다른 시간대에 비해 Circadian Rhythm의 관점에 따라서 신체활동 수준이 높고 생리적인 부담이 가벼웠을 것이라고 사료된다.

Circadian Rhythm에 따른 오전, 오후, 저녁 시간대에 운동이 항산화효소에 미치는 영향에 대해서는 국내외적으로 선행연구가 미흡하여, 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 항산화 효소를 높이는 적절한 운동시간대의 선택은 트레이닝 효과를 배가(倍加)할 수 있는 트레이닝 방법의 한 부분으로 고려되어야 할 것으로 생각된다.

3. 생리적 변화

일주기 변화에 따른 각 시간대별 생리적 변화를 보고한 내용을 살펴보면 자정에 세포 재생능력이 최고치를 이루며, 새벽 4시에 주의 집중력이 최소치, 아침 7시에 체온의 상승과 맥박수의 증가뿐만 아니라 부신 피질 호르몬 및 각종 호르몬의 분비가 최고 상승이 나타난다고 하였다. 또한 오전 10시에 내적인 사람의 경우는 정신 집중력과 기억력, 업무능력이 최고조를 이루게 되나 오후 3시에는 외적인 사람의 경우가 관찰력, 창조력, 업무능력이 최고조를 이루며 오후 10시에는 활동량 감소로 인하여 체중 증가가 최대치가 되고 각종 호르몬의 감소 및 혈압하강, 체온 및 호흡수의 감소가 일어난다고 하였다(남상남, 1987).

최예종(1982)은 인간에게 있어서 일주기 변화는 인체기능의 변화로 신경계 및 내분비계의 변화, 신장이나 간 기능, 체온, 심박수, 호흡수, 혈압, 혈액 성분 등이 기능적, 성분적으로 변화를 나타낸다고 하였다.

산소섭취량, 뇨 중 포타시움과 카테콜라민, 체온, 심박수 및 혈압 등과 같은 인체의 생리적 지표들은 일일 시간에 따라 변화되는데 이러한 변화를 Circadian Rhythm이라 한다. Circadian Rhythm에 따른 신체기능의 변화에 따라 하루 중의 운동수행능력 또한 분포를 달리하는 것이다(Reilly & Down, 1992).

생리적 변화와 운동에 관한 대부분의 선행연구에 의하면, Viranic 등(1986)은 규칙적인 운동은 칼로리의 활용도를 높여 혈당을 낮추고, 인슐린의 요구량을 감소시키며 유리지방산의 흡수를 증가시키고 심맥관계를 호전시키며 아울러 심리상태도 호전시키는 효과가 있다고 보고하였다. 안경애(1988)는 격심한 운동보다는 중강도의 지구성 운동이 보다 효율적이며, 운동 시

뿐만 아니라 운동기간이 증가함에 따라서 공복 시의 혈당도 낮아지는 효과가 있다고 보고하였다.

정상인을 대상으로 하여 운동 전·후의 혈당치 변화를 조사한 황상의 (1986)의 연구에서는 9주 동안에 줄넘기 운동 후 혈당치가 Pre Test 때보다 공복 시는 물론 Treadmill 달리기에서도 낮은 수치를 나타냈다고 보고하였고, Poortmans 등(1978)은 젖산은 운동강도가 낮은 부하에서 산소공급이 비교적 충분하므로 큰 폭의 증가는 없으나 강한 운동 시에는 많은 양이 축적되는데 젖산의 생성은 산소부채와 밀접한 관련이 있고, 혈중 젖산농도 (Blood Lactic Acid Concentration)는 운동강도와 밀접한 관련성을 가지고 있으나 운동 지속시간만으로는 축적량을 고려하는 것은 무리라고 보고하였다.

Reilly 등(1997)은 Circadian Rhythm에 따른 최대 및 최대하 운동중의 생리학적인 반응에 대한 검토에서, 낮 시간대에 해당하는 13:50분대의 운동 후의 심박수, 직장온에서 유의한 변화를 나타내었다고 보고하였고, 하루 중 저녁 시간대에 실시한 운동이 가장 높은 운동 수행력을 보인다고 하는 사실을 발견하였는데, 그 이유는 체온이 아침과 오후 시간대에 비해 저녁 시간대에 적정 온도를 유지하고 있기 때문이라고 주장하고 있다(Reilly, 1990). 또한 Winget 등(1985)은 스프린터 선수들을 대상으로 단순 반응 시간이 체온 1°C 상승에 따라서 신경전도 속도가 2.4m/sec 증가한다고 제안하였다.

본 연구에서는 중강도의 Treadmill 운동을 실시하였고, 오전, 오후, 저녁시간에 따른 혈당, 젖산, 체온의 생리적인 시간적 차이는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 운동 전·후의 증가량으로 보아 오전, 오후, 저녁 시간대의 운동중 혈당과 체온은 오전시간대 운동에서 증가하였고, 젖산은 오전, 오후, 저녁의 모든 시간대 운동에 증가를 나타내었다.

Circadian Rhythm에 대한 선행연구를 살펴보면, DeFeo(1988)는 하루 중 변동에서 나타나는 이른 아침의 혈당 상승은 새벽현상(Dawn Phenomenon)이라고 불리며 주목받고 있다고 하였는데, 이 현상은 처음에 제 1형 당뇨병 환자에게, 그 후 제 2형 당뇨병 환자(Bolli et al., 1984a), 나아가 정상인에게도 나타났다고 보고되고 있으며(Bolli et al., 1984b), 이소은(2005)은 이러한 현상은 혈당조절의 항상성에 있어서의 생리적인 주기라고 보고하였다.

Krauchi & Wirz-Justice(1994)은 인간의 체온은 오전 4~6시와 오후 4~6시 사이에 평균 37°C(98.6°F)를 기준으로 약 1°C 정도 완만한 변화폭으로 매일 같은 모양의 주기를 보인다고 하고 있으며, 김시영(2005)은 인체는 하루 중 체온의 변화는 0.5~1.5°C이며, 수면 시(오전 12~4시) 가장 낮고, 그 후로 점차 증가하여 활동을 하는 낮 12시부터 저녁 6시 까지 가장 높다. 맥박은 선천적 리듬을 타고난다고 할 수 없으며, 체온리듬에 의해 많은 영향을 받는데 체온이 오후에 높은 것과 같이 맥박수도 오후에 증가한다고 보고하였다.

또한 Reilly 등(1995)은 아침(08:30)과 저녁(17:30)대의 자주적 운동강도의 설정에 따른 생리학적 반응에 대해 검토한 결과, 직장온도의 변화에 있어서 0.6°C 정도 낮게, 아침시간대에서 차이가 운동 전에 유의하게 나타났고, 운동 후에도 0.3°C의 유의한 온도 변화가 있었다고 보고하며, 아침시간대의 운동이 낮은 체온유지의 상태를 나타내는 것으로 보인다고 보고하였다.

이상의 논의를 종합해 볼 때, 오전 시간대 운동이 혈당과 체온에 있어 혈당조절의 항상성에 있어서의 생리적인 주기인 새벽현상(Dawn Phenomenon)에 의해 증가되었을 것이라고 사료되어지며, 인간의 가장 안정된 리듬의 하나로 Circadian Rhythm에 의해 오전 시간대 운동이 다른 시간대에 비해 낮은 체온에서 운동을 시작하여 전시상하부에서는 신체의 중심

온도를 감지하여 미리 정해진 온도와 비교하여 체온을 조절한 것으로 사료되어진다. 그 외 젖산의 동일한 변화량으로 미루어 Circadian Rhythm에 따른 운동으로 인한 피로도에는 별 차이가 없는 것으로 사료되어진다.

이런 기전을 통한 추가적인 연구는 트레이닝 적용 시 유용한 정보를 제공과 운동의 효과를 높일 수 있을 것으로 생각되어, 앞으로 여러 가지 측면에서 다양한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

VI. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 여자대학생의 운동 후 Circadian Rhythm에 의한 MDA, SOD, 생리적(혈당, 젖산, 체온) 변화를 관찰하였다. 그 결과를 종합하여 분석한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

- 1) 운동 전·후 MDA의 변화는 오전 시간대에 유의한 증가를 보였다.
- 2) 운동 전·후 SOD의 변화는 저녁 시간대에 유의한 증가를 보였다.
- 3) 운동 전·후 혈당의 변화는 오전 시간대에 유의한 증가를 보였다.
- 4) 운동 전·후 젖산의 변화는 모든 시간대에 유의한 증가를 보였다.
- 5) 운동 전·후 체온의 변화는 오전 시간대에 유의한 증가를 보였다.

Circadian Rhythm(아침, 점심, 저녁)에 따른 여자대학생이 중정도의 운동 강도(60% VO_2R)를 이용한 60분간의 Treadmill 운동은 각각의 시간대 안에서 MDA, SOD, 혈당, 젖산, 체온에 영향을 주는 것이 시사되었다. 운동 전·후 MDA의 차이는 저녁시간대가 가장 낮고, 운동 전·후 SOD의 차이는 저녁 시간대가 가장 높은 것으로 나타났다. 생리적 변화의 경우 운동 전·후 혈당의 차이는 저녁 시간대가 가장 낮고, 운동 전·후 체온의 차이는 점심과 저녁 시간대가 가장 낮고, 그 외 젖산에 있어서는 Circadian Rhythm에 관계없이 동일한 변화량을 나타내었다. 따라서, 저녁 시간대의 운동하는 것이 효율적이라는 것을 시사하고 있다.

2. 제언

향후의 연구에서는 다음과 같은 연구가 필요한 것으로 사료된다.

- (1) 피험자의 인원수를 증가시킴으로써 보다 타당성 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.
- (2) 피험자의 운동강도 및 운동시간의 조절 등 다양한 실험으로 분석이 이루어져야 할 것이다.
- (3) 피험자 선정 시 여성의 생리 주기를 고려한 Circadian Rhythm과 트레이닝 효과의 관계 및 남녀 성차로 인해 나타날 수 있는 변화들의 차이를 규명하기 위하여 남성과 여성 피험자를 모두 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 강희성, 이양근, 이권재, 김선호, 강길동 (1990). 생체리듬이 운동 시 심장의 부담도에 미치는 영향: 조조운동과 오후운동중의 혈액동력학을 중심으로. 한국체육학회지, 29(2):305-316.
- 고성식 (1993). 규칙적인 운동이 중년 남성의 혈중 지질농도 및 혈당에 미치는 영향. 한국체력의학회지, 2(1):73-79.
- 김시영 (2005). Circadian Rhythms에 따른 런닝 및 근저항 트레이닝이 Melatonin, Growth hormone, 체력 및 신체구성에 미치는 영향. 서울대학교대학원 석사학위논문.
- 김정기 (1998). Circadian Rhythm과 심리적 적응. 한국심리학회지, 3(1):129-140.
- 김종훈, 박정래, 유종우 (1981). 운동생리학. 서울:교학연구사.
- 남상남 (1987). 인체 Circadian Rhythm의 생리학적 연구. 체육과학, 한양대학교 체육과학연구소, 7:103-114.
- 소병혁 (1983). 일주기에 따른 중고생의 악력과 심폐기능의 변동에 관한 연구. 원강대학교 대학원 석사학위논문.
- 신한섭 (1993). 운동 수행후 회복기의 심박수와 혈중 젖산농도에 대한 연구: Harvard step test를 중심으로. 건국대학교 대학원 석사학위논문.
- 안경애 (1988). 당뇨병 환자의 정지성 자전거 운동이 혈당변화에 미치는 영향 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 이강평, 임인수(2000). 과다훈련이 지질 과산화 및 항산화 효소에 미치는 영향. 한국체육학회지, 39(1):426-435.

- 이귀령 (1986). 임상화학검사(분석과 응용). 서울:고문각.
- 이범철 (1976). 생리적 특성이 운동능력에 미치는 영향. 서울대학교 사범 대학 논문집, 23:5.
- 이소은 (2005). Circadian rhythm이 운동 후 에너지 대사 및 순환반응에 미치는 영향: 고령여성과 일반 여대생의 비교. 성신여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 이승균 (2002). 항산화 비타민 투여가 최대하 운동 후 혈중 항산화 효소와 항산화능 및 과산화 지질 활성화에 미치는 영향. 세종대학교 대학원 박사학위논문.
- 임난영 (1985). 근무형태에 따른 Circadian rhythm변화에 관한 연구. 연세대학교 대학원 박사학위논문.
- 정덕조(1999). 항산화제 운동강도가 지질 과산화물과 체내 항산화 효소들의 활성화에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 채범석 (1995). 바이오리듬. 서울: 크라운 출판사, 153.
- 최선윤, 홍해숙 (1999). 응급실과 일반병동 간호사의 밤번 근무 시 Circadian rhythm과 피로도 비교. 대한기초간호자연과학회, 1(1):86-98.
- 최승욱 (2006). 운동생리학을 기초로 한 운동처방. 서울: 성신여자대학교 출판부.
- 최예중 (1982). 일주기 변화가 여중학생의 체력에 미치는 영향. 서울대학교 석사학위논문.
- 최희남 (1992). 유산소 운동이 중년여성의 혈중지질, 체지방, 근력 및 심폐 기능에 미치는 효과. 세종대학교 대학원 박사학위논문.
- 한주희 (2005). 항산화제 섭취기간 및 방법이 활성산소와 과산화물 생성억

제 및 피로물질에 미치는 영향. 용인대학교 대학원 석사학위
논문.

홍성인(1998). Circadian Rhythm이 등속성 각근력 발휘에 미치는 영향. 성
균관대학교 대학원 석사학위논문.

황상익 (1986). 장기간의 신체 단련에 따른 체지방, 심폐기능 및 혈액화
학상의 변화. 대한생리학회지, 20(3):279-288.

葛谷 (1985). 趁斷 と 治癒. 73:1635-1647.

Alberti K .G. M. M., Dornhorst, A., and Rowe, A. S. (1975). Israel Jour
nal of Medical Sciences, 11:571-580.

Alessio, H. M. & Goldgarb, A. H. (1988). Lipid peroxidation and sca-ve
nager enzymes during exercise: Adaptive response to trainin
g. Journal of Applied Physiology. 64:1333-1336.

Alessio, H. M., Glodfarb, A. H. & Cutler, R. G. (1988). MDA content in
crease in fast and slow-twitch skeletal muscle with intensi
ty of exercise ibn a rat. American Journal of Phys-iology,
24: C874-C877.

American College Sports Medicine. (2004). Exercise Prescription: A cas
e study approach to the ACSM Guidelines. David P. Swai
n, Brian C. Leutholtz. Media, PA.

Aschoff, J. (1994). naps as integral parts of the wake time within the hu
man sleep-wake cycle. Journal of Biological Rhythms, 9(2):
145-155.

Asplin, C. M., Hartog, M., Goldie, D. J., Alberti, K. G., Binder, C., Fa
ber, O. K. (1979). Diurnal profiles of serum insulin, Cpepti

de and blood intermediary metabolites in insulin treated diabetics, their relationship to the control of diabetes and the role of endogenous insulin secretion. *Quarterly Journal of Medicine*, 48(190):343-360.

Astrand, P-O. & Rodahl, K. (1970). *Textbook of work Physiology*. International student edition. Printed in Japan. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.

Astrand, P-O. & Rodahl, K.(1986). *Text book of work Physiol*, 65:2598-2600.

Bank, W., Chance, B. (1994). An oxidative defect in metabolic myopathies: diagnosis by noninvasive tissue oximetry. *Annals of Neurology*, 36(6):830-837.

Bast, A., Haenen, G. R. & Doelman, C. J. (1991). Oxidants and antioxidants: state of the art. *American Journal of Physiology*, 91:3C, 2S-13S.

Bloom, F. E. & Lazerson, A. (1988). *Brain, mind and behavior*. New York; Freeman.

Bolli, G. B., and Gerich, J. E. (1984a). The "dawn phenomenon" a common occurrence in both non-insulin-dependent and insulin-dependent diabetes mellitus. *New England Journal of Medicine*, 340:746-750.

Bolli, G. B., De Feo, P., De Cosmo, P., Perriello, G., Ventura, M. M., Calcinaro, F., Lolli, C., Campbell, P., Brunetti, P., and Gerich J. E. (1984b). Demonstration of a dawn phenomenon in no

- normal human volunteers. American Diabetes Association, 33(12):1150-1153.
- Borg G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in Sports and exercise*, 14(5):377-381.
- Brooks, G. A., Brauner, K. E., Cassens, R. G. (1973). Glycogen synthesis and metabolism of lactic acid after exercise. *American Journal of Physiology*, 224(5):1162-1166.
- Bruce, R. A., Kusumi, F. & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal*. 85(4):546-562.
- Cao, G. H., Chen, J. D. (1991). Effects of dietary zinc on free radical generation, lipid peroxidation, and superoxide dismutase in trained mice. *Archives of biochemistry and biophysics*, 291(1):147-153.
- Chance, B., Sies, H., and Boveris, A. (1979). Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiological Reviews*, 59(3):527-605.
- Child, R. B., Wilkinson, D. M., Fallowfield, J. L. & Donnelly, A. E. (1998). Elevated serum antioxidant capacity and plasma malondialdehyde concentration in response to a simulated half-marathon run. *Medicine and science in Sport and exercise*, 30(11):1603-1607.
- Coggam, A. R., Coyle, E. F. (1989). Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. *Medicine and*

science in Sports and exercise, 21(1):59-65.

Coggan, A. R., Coyle, E. F. (1989). Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. *Medicine and science in Sports and exercise*, 21(1):59-65.

Czeisler, C. A. & Khalsa, S. B. S. (2000). The human circadian timing system and sleep-wake regulation. In M. H. Kryger, T. Roth & W. C. Dement. (Eds.) *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 353-376. W. B. Saunders Company.

David, R., Amy, L., Marla Thomas., Jerry Mayhey. (1991). Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscle during concentric and eccentric loading, *Journal of orthopaedic and Sports Physical therapy*, 14.

Davies, K. J., Quintanilha, A. T., Brooks, G. A., Packer, L. (1982). Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 107(4):1195-1205.

Davis, C. (1982). Effect of endurance training on anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 3:208.

DeFeo, P., Perriello, G., and Bolli, G. B. (1988). *Diabetes/Metabolism Reviews*, 4:31-49.

Eiselt, J., Racek, J., Holecek, V., Krejcova, I. & Opatrny, K. (1996). Antioxidants and malondialdehyde during hemodialysis with cellulose diacetate and polysulfone membranes. *Casopis Leka ru Ceskych*, 135(21):691-694.

- Gisolfi, C., Robinson, S., Turrell, E. S. (1966). Effects of aerobic work performed during recovery from exhausting work. *Journal of Applied Physiology*, 21(6):1767-1772.
- Gutteridge, J. M. (1992). Aging and Free Radical. *Medical Laboratory Sciences*, 49(4):313-318.
- Halliwell, B. (1997). Antioxidants and Human disease: A General Introduction. *Nutrition Reviews*, 55(1pt2):S44-S52.
- Jenkins, R. R. & Goldfarb, A. (1993). Introduction oxidant stress, aging, and exercise. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 25(2):210-212.
- Jenkins, R. R. (1988). Free radical chemistry. relationship to exercise. *Sports Medicine*, 5(3):156-170.
- Jenkins, R. R. (1993). Exercise, Oxidative Stress, and Antioxidants: A Review. *International Journal of Sports Nutrition*, 3(4):356-375.
- Ji, L. L. (1995). Exercise and oxidative stress: role of the cellular antioxidant systems. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 23:135-166.
- Ji, L. L., Fu, R., Mitchell, E. W. (1992). Glutathione and antioxidant enzymes in skeletal muscle: effects of fiber type and exercise intensity. *Journal of Applied Physiology*, 73(5):1854-1859.
- Ji, L. L. (1993). Blood Glutathione status during exercise: Effect of carbohydrate supplementation. *Journal of Applied Physiology*, 74(2):788-792.

- Kanter, M. M., Nolte, L. A., and Holloszy, J. O. (1993). Effects of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and postexercise. *Journal of Applied Physiology*, 74(2):965-969.
- Karlsson, J. (1985). Metabolic adaptations to exercise: A review of potential beta-adrenoceptor antagonist effects. *American Journal of Cardiology*, 55(10):48D-55D.
- Kayashima, S., Ohno, H., Fujioka, T., Taniguchi, N. & Nagata, N. (1995). Leucocytosis as a marker of organ damage induced by chronic strenuous physical exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(5):413-420.
- Kedziora, J., Buczynski, A. & Kedziora-Kornatowska, K. (1995). Effect of physical exercise on antioxidative enzymatic defense in blood platelets from healthy men. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 8(1):33-39.
- Klein K. E., Wegman H. M., Bruner H. (1968). Circadian Rhythm in indices of human performance, physical fitness, and stress resistance. *Aerospace Medicine*, 39:512-518.
- Knuttgen, H. G., Saltin, B. (1972). Muscle metabolites and oxygen uptake in short-term submaximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 32(5), 690-694.
- Krauchi, K., Wirz-Justice, A. (1994). Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and temperature under unmasking conditions in men. *American Journal of Physiology*, 267(3p

t2):R819–R829.

- Kumar, C. T., Reddy, V. K., Prasad, M., Thyagaraju, K., and Reddanna, P. (1992). Dietary supplementation of vitamin E protects heart tissue from exercise-induced oxidant stress. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 111(1-2):109-115.
- Lawler, J. M., Powers, S. K., Dijk, H. V., Visser, T., Kordus, M. J., and Ji, L. L. (1994). Metabolic and antioxidant enzyme activities in the diaphragm: effects of acute exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 96(2-3):139-149.
- Leeuwenburgh, C., Hollander, J., Leichtweis, S., Griffiths, M., Gore, M., & Ji, L. L. (1997). Adaptations of glutathione antioxidant system to endurance training are tissue and muscle fiber specific. *American Journal of Physiology*, 272(1):363-369.
- Liu, S., Chen, X. M., Yoda, T., Nagashima, K., Fukuda, Y. & Kanosue, K. (2002). Involvement of the suprachiasmatic nucleus in body temperature modulation by food deprivation in rats. *Brain Research*, 929(1): 26-36.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., and Martorell, R. (1992). Anthropometric standardization reference manual. Human Kinetics Books: Champaign, IL.
- Mallardi, V., *Biorhythms. and Your Behaviour*. Philadelphia. (1978). Running Press. 9-15.
- Manfredini, R., Manfredini, F., Fersini, C. and Conconi, F. (1998). Circadian rhythms, athletic performance, and jet lag. *Journal of*

f Sports Medicine, 32(2):101-106.

- Marzatico, F., Pansarasa, O., Bertorelli, L., Somenzini, L. & Della Valle, G. (1997). Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 37(4):235-239.
- Maxwell, S. R. (1995). Prospects for the use of antioxidant therapies. *Drugs*, 49(3):345-361.
- Melhim, A. F. (1993). Investigation of Circadian Rhythms in peak power and mean power of female physical education students. *International Journal of sports medicine*. 14(6):303-306.
- Mena, P., Maynar, M., Gutierrez, J. M., Maynar, J., Timon, J. & Campillo, J. E. (1991). Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers adaptation to training. *International Journal of Sports Medicine*, 12(6):563-566.
- Menaker, M., Takahashi, J. S., Eskin, A. (1978). The physiology of circadian parameters, *Annual Review Physiology*, 40:501-526.
- Mills, J. N. (1974). Development of circadian rhythms in infancy, in *scientific foundation of paediatrics*(ed. J.A. Davis and J. Dobbins), Heinemann, London.
- Moore-Ede, M. C. & Czeisler, C. A. (1984). *Mathematical Models of the Circadian Sleep-Wake*. New York: Raven Press.
- Morrey, K. M., McLachlan, J. A. & Bakouche, O. (1994). Activation of

- human monocytes by the pineal hormone melatonin. *Journal of immunology*, 153(6):2671-2680.
- Muller, J. E., Ludmer, P. L., Willich, S. N., Tofler, G. H., Aylmer, G., Klangos, I., Stone, P. H. (1987). Circadian variation in the frequency of sudden death. *Circulation*, 75(1):131-138.
- Muller, J. E., Stone, P. H., Turi, Z. G., Rutherford, J. D., Czeisler, C. A., Parker, C., Poole, W. K., Passamani, E., Roberts, R., (1985). Circadian variation in the frequency of onset of acute myocardial infarction. *New England Journal of Medicine*, 313(21):1315-1322.
- Niess, A. M., Dickhuth, H. H., Northoff, H. & Fehrenbach, E. (1999). Free radicals and oxidative stress in exercise immunological aspects. *Exerc. Immunological Reviews*, 5:22-56.
- Packer, L. (1997). Oxidants, antioxidant nutrients and the athlete. *Science*, 15(3):353-363.
- Polidori, M. C., Mecocci, P., Cherubini, A., and Senin, U. (2000). Physical activity and oxidative stress during aging. *International Journal of Sports Medicine*, 21(3):154-157.
- Poortmans, J. R., Delescaille-Vanden Bossche, J., Leclercq, R. (1978). Lactate uptake by inactive forearm during progressive leg exercise. *Journal of Applied Physiology*. 45(6):835-839.
- Quintanilha A. T. (1984). Effects of physical exercise and or vitamin E on tissue oxidative metabolism. *Biochemical Society transactions*, 12(3):403-404.

- Refinetti, R. & Menaker, M. (1992). Review: the circadian rhythm of body temperature. *Physiology&Behavior*, 51(3):613-637.
- Refinetti, R. (2000). *Circadian physiology*. Florida: CRC Press LLC.
- Reilly, T. & Down, A. (1992). Investigation of circadian rhythms in anaerobic power and capacity of the legs. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(4):343-347.
- Reilly, T. (1990). Human circadian rhythms and exercise. *Critical Reviews in Biomedical engineering*, 18(3):165-180.
- Reilly, T., Brooks, G. A. (1997). Selective persistence of circadian rhythms in physiological responses to exercise. *Chronobiology international*, 7(1):59-67.
- Reilly, T., Garrett, R. (1995). Effects of time of day on self-paced performances of prolonged exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(2):99-102.
- Reinberg, A., Motohashi, Y., Bourdeleau, P., Touitou, Y., Nouquier, J., Levi, F., Nicolai, A. (1989). International desynchronization of circadian rhythms and tolerance of shiftwork. *Chronobiologia*, 16(1), 21-34.
- Rowell, L. B., Kraning, K. K. 2nd., Evans, T. O., Kennedy, J. W., Blackmon, J. R., Kusumi, F. (1966). Splanchnic removal of lactate and pyruvate during prolonged exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 21(6):1773-1783.
- Ruby, N. F., Dark, J., Burns, D. E., Heller, H. C. & Zucker, I. (2002). The suprachiasmatic nucleus is essential for circadian body

- y temperature rhythms in hibernating ground squirrels. *Journal of Neuroscience*, 22(1):357-364.
- Sherman, K. A., Gibson, G. E., Perrino, P., Garret, K. (1991). Acetylcholine formation from glucose following acute choline supplementation. *Neurochemical Research*, 16(9):1009-1015.
- Smolensky, M. H., D'Alonzo, G. E. (1993). Medical chronobiology : concepts and applications. *American Review of Respiratory Disease*, 147(6pt2):S2-S19.
- Sollberger, A. (1965). *Biological rhythm research*. Amsterdam:Elsevier, 2: 82-97.
- Storz, G., Jacobson, F. S., Tartaglia, L. A., Morgan, R. W., Silveria, L. A., and Ames, B. N. (1989). An alkyl hydroperoxide reductase induced by oxidative stress in salmonella typhimurium and escherichia coli: genetic characterization and cloning of ahp. *Journal of Bacteriology*, 171(4):2049-2055.
- Sumida, S. K., Tanka, H., Kitao, F., and Nakadomo. (1989). Exercise induced lipid peroxidation and leakage of enzymes before and after Vitamin E supplementation. *International Journal of Biochemistry*, 21(8):835-838.
- Tagahashi, J. S. & Zatz, M. (1982). Regulation of circadian rhythmicity. *Science*, 217(17):1104-1111.
- Tiidus, P. M., Bombardier, E., Hidioglou, N. & Maders, R. (1999). Gender and exercise influence on tissue antioxidant vitamin status in rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*

- gy, 45(6):701-710.
- Tsopanakis, C., Tasopanakis, A. (1998). Stress hormonal factors, fatigue, and antioxidant responses to prolonged speed driving. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 60(3):747-751.
- Tzankoff, S. P. & Norris, A. H. (1979). Age-related differences in lactate distribution kinetics following maximal exercises. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 42(1):35-40.
- Vincent, H. K., Powers, S. K., Stewart, D. J., Demirel, H. A., Shanely, R. A., and Naito, H. (2000). Short-term exercise training improves diaphragm antioxidant capacity and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 81(1-2):67-74.
- Viranic, M., Lickley, H. L. A. (1986). Exercise and stress in diabetes mellitus. *Clinical Diabetes Mellitus*. New York: Medical Examination Publishing, 172-205.
- Viru, A., Tendzeqolskis, Z., Smirnova, T. (1990). Changes of beta endorphin level in blood during prolonged exercise. *Endocrinological Experimentalis*, 24(1-2):63-68.
- Willich, S. et al. (1986). Circadian frequency distribution of sudden cardiac death: the Framingham Study. *Circulation*, 74(suppl II): II-268.
- Winget, C. M., Deroshia, C. W., and Holley, D. C. (1985). Circadian rhythms and athletic performance. *Medicine and science in Sp*

orts and exercise, 17(5):498-516.

Yu, B. P. (1995). Aging and oxidative stress: Modulations by dietary restriction. *Free Radical Biology&Medicine*, 21(5): 651-668.

Gollinick, P. D., Ianuzzo, C. D., Williams, C., Hill, T. R. (1969). Effect of prolonged, severe exercise on the ultrastructure of human skeletal muscle. *Internationale zeitschrift angewandte Physiologie, einschliesslich Arbeitsphysiologie*, 27(4):257-265.

ABSTRACT

Influence of Circadian Rhythm on the Active Oxygen, AntiOxidase, and Physiological Change of College Women after Exercise

Lee, Kyung Mi

Department of Physical Education

Graduate School

SungShin Women's University

As Circadian Rhythm exists in human body, effect of exercise may vary in accordance with time zone that exercise is executed even if the exercise is done with same strength. It is reported that when a person is exercising intensively active oxygen increases at muscle and liver higher with 2–3 times or so in doing 2–3 times higher compared to the case when the person is at rest. This phenomenon has relation with the increase of level of pentane concentration in the air that is emitted during exercise. Resultingly, continuing excessive training brings damage of tissue. So, exercise must be planned with careful consideration of proper strength and time of exercise. It is considered that damage due to the activity of active oxygen during exercise may decrease, if one measures the increase of active oxygen before and after the exercise considering exercise time and executes exercise at the time zone where the level rises less. In addition, anti-oxidase which is the defense system of active oxygen shows increase depending on active oxygen.

Then, it is necessary to examine the result based on morning exercise(09:00), afternoon exercise(14:00), and evening exercise(20:00).

Thus, the goal of this study is to offer scientific basic data that is necessary for developing exercise–prescription–program which is suitable for college women by finding effective time zone of exercise through comparing and analyzing the influence that Tread mill exercise based on Circadian Rhythm has on active oxygen, anti–oxidase and physiological change(Glucose, lactate, & temperature) on college women.

In evaluating active oxygen, anti–oxidase, and physiological change(Glucose, lactate, & temperature) after 60%VO₂R Treadmill exercise which is based on Circadian Rhythm, MDA, SOD, Glucose, lactate, and temperature were measured in different time of a day after choosing college women(22.2 ± 1.55).

As the result, it was suggested that Treadmill exercise for 60 minutes which used the exercise strength of middle degree(60%VO₂R) of college women based on Circadian Rhythm has influence on MDA, SOD, and physiological change(Glucose, lactate, and temperature) within each time zone. It emerged that the difference of MDA before and after exercise is the lowest in the evening and that the difference of SOD before and after SOD is the highest in the evening. In case of physiological change, it emerged that the difference of Glucose before and after exercise is the lowest in the evening and that the difference of temperature is the lowest in the evening and afternoon. And, for lactate, same change in quantity was observed regardless of Circadian Rhythm.

Conclusion which may be drawn from this study is as follows: It is considered that college women before and after Treadmill exercise for 60 minutes have influence on active oxygen, anti-oxidase, and physiological change(Glucose, lactate, & temperature) in connection with Circadian Rhythm.

Key Word : Circadian Rhythm, MDA, SOD