

최 승 욱 교수지도
석사학위 청구논문

**Circadian rhythm이 운동 후 에너지대사 및
순환반응에 미치는 영향**

- 고령여성과 일반여대생의 비교 -

2005

성신여자대학교 대학원

체육학과

이 소 은

**Circadian rhythm이 운동 후 에너지대사 및
순환반응에 미치는 영향**

- 고령여성과 일반여대생의 비교 -

최 승 욱 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2005년 5월

성신여자대학교 대학원

체육학과

이 소 은

인 준 서

이소은의 석사학위논문으로 인준함

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

성신여자대학교 대학원

논문개요

최근 한국은 노인인구의 증가와 저출산의 원인으로 고령화 사회에 있는 현 시점에서, 국민 전체의 건강에 관한 의식증대와 의료기술의 발달로 삶의 질(quality of life; QoL)의 향상을 도모하려는 사회적 구조 또한 형성되고 있는 실정이다. 그러나, 고령자에 대한 건강의 유지 및 증진에 기여하는 연구에 관해서는 충분하게 축적되어 있지 않은 것이 현실이다. 의료기술의 발달과 더불어, 수명의 연장이라는 과거에서부터의 목표는 달성되고 있지만, 어떻게 하면 노년기를 의미 있게 보낼 수 있는가를 논하는 삶의 질(QoL)에 관한 과제는 지속적으로 해결해야 할 중요한 과제이다. 따라서 노인을 위한 복지시설 및 정책 개선을 위하여 노인을 위한 기초적 연구, 특히 일상생활에서 할 수 있는 운동프로그램의 개발 등 여러 연구가 절실하게 요청된다.

가령(aging)에 따른 신체기능의 저하(노화)는 신체를 구성하고 있는 골격근계, 심혈관계, 호흡순환기계, 대사계 및 면역계 등에서 현저하게 나타나고 있다. 이러한 신체기능의 저하를 유지 및 개선시키기 위해서는 적극적인 신체활동(운동, 트레이닝)이 큰 도움이 된다는 것은 잘 알려져 있다. 그러나, 건강을 목적으로 운동을 하고 있는 중·고령자는 이른 아침, 혹은 저녁에 실시하는 경우가 적지 않다. 이른 아침에 운동을 할 경우 야간의 발한에 의해 수분부족상태로 되어 체수분량이 감소하게 된다. 이러한 상황에서 운동을 하게 되면 특히 순환계에는 커다란 부담을 주게 된다. 한편, 저녁운동은 이른 아침과 비교해 볼 때 수분 섭취상황이 개선될 것으로 예상되며, 또한 **circadian rhythm** (생물이 하루 정도의 주기로 되풀이되는 변화)의 관점에서 신체 활동 수준이 높고 생리적인 부담은 가벼울 것으로 예상된다. 이른 아침 운동은 탈수상태(수분부족)와 더불어 체온이 낮고 운동에 적합한 신체상황이라고는 말하기 어렵다. 중·고령자가 되면 고혈압 경향을 나타내는 사람이 많다는 점에서 이른 아침의 운동부하가 생체에 어떠한 부담으로 작용하는지를 명확히 밝힐 필요성이 있다. 이와 같이 고령자가 어느 시간대

에 운동해야 할 것인가의 문제는 대사계 뿐만 아니라 순환계에 있어서도 중요한 의미가 있다.

따라서, 본 연구에서는 고령자를 대상으로 **circadian rhythm**에 따른 자전거 운동이 에너지대사계 및 순환계에 미치는 영향을 규명함으로써 고령자에 적합한 운동처방 프로그램을 개발하는데 필요한 과학적인 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

circadian rhythm에 따른 20분 간의 40%Watt_{max} 자전거 운동 후 순환 및 대사반응을 평가 하는데, 10명의 일반여자대학생(21.5 ± 1.0세)과 고령여성(65.5 ± 3.0세)을 선택하여 심박수, 혈압, 에너지 소비량, 탄수화물 및 지방 산화량 그리고 혈중 당 및 젖산 농도가 하루 중 다른 시간에 측정되었다. 그 결과 측정시간과 관계없이 심박수와 혈압은 고령여성과 비교하여 일반여자대학생에게서 20분간의 운동 후 각각 높게 그리고 낮게 나타났다. 아침 시간에 측정된 에너지 소비량의 유의한 차이점은 없었음에도 불구하고 일반여자대학생의 에너지 소비량은 오후 그리고 저녁 시간에 고령여성보다 높게 나타났다. 다른 한편으로 탄수화물과 지방의 산화량 그리고 혈중 당 및 젖산 농도에는 유의한 차이점은 두 집단 간의 발견되지 않았다.

본 연구에서 내릴 수 있는 결론은 다음과 같다. 첫째 20분간의 운동 후 고령여성과 일반여자대학생은 **circadian rhythm**과 관련 없이 서로 다른 순환반응을 보였으며, 둘째 20분간의 운동은 두 집단의 대사반응에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

목 차

논문 개요

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구 목적	6
3. 연구 가설	6
4. 연구 제한점	7
5. 용어 정리	7
II. 이론적 배경	10
1. 신체구성	10
2. 심장, 혈관 기능의 변화	12
3. 혈압의 변화	14
4. 혈당의 변화	17
5. 젖산의 변화	18
III. 연구 방법	20
1. 연구대상	20
2. 연구 절차	21
3. 연구 기간	22
4. 측정 장비	23
5. 측정 항목	24
6. 자료 처리	29

IV. 연구 결과	30
1. 20분간 자전거 운동 후 심박수 변화 비교 결과	30
2. 20분간 자전거 운동 후 혈압 변화 비교 결과	32
3. 20분간 자전거 운동 후 에너지 소비량 변화 비교 결과	35
4. 20분간 자전거 운동 후 탄수화물 산화량 변화 비교 결과	37
5. 20분간 자전거 운동 후 지방 산화량 변화 비교 결과	39
6. 20분간 자전거 운동 후 혈당 변화량 비교 결과	41
7. 20분간 자전거 운동 후 젖산 변화량 비교 결과	43
8. 20분간 자전거 운동 후 혈당과 젖산의 상관관계 비교 결과	45
V. 고 찰	46
VI. 결론 및 제언	50
1. 결론	50
2. 제언	52

참 고 문 헌

ABSTRACT

표 목 차

Table 1. Characteristics of subjects	20
Table 2. Procedure and time frame of the study	22
Table 3. Measurement variables and instruments	23
Table 4. Circadian variation of Heart rate	30
Table 5. Circadian variation of Blood pressure	32
Table 6. Circadian variation of EE	35
Table 7. Circadian variation of Carbohydrate Oxidation	37
Table 8. Circadian variation of Fat Oxidation	39
Table 9. Circadian variation of Glucose	41
Table 10. Circadian variation of Lactate	43

그림 목 차

Fig 1. Process of the study	21
Fig 2. Measure for body composition	25
Fig 3. The protocol of graded exercise test	26
Fig 4. Exercise test for work rate	27
Fig 5. The protocol of 40%Watt _{max} exercise test	28
Fig 6. Circadian variation of Heart rate after 20 min exercise	31
Fig 7. Circadian variation of Systolic blood pressure after 20 min exercise	33
Fig 8. Circadian variation of Diastolic blood pressure after 20 min exercise	34
Fig 9. Circadian variation of EE after 20 min exercise	36
Fig 10. Circadian variation of Carbohydrate Oxidation after 20 min exercise	38
Fig 11. Circadian variation of Fat Oxidation after 20 min exercise	40
Fig 12. Circadian variation of Glucose after 20 min exercise	42
Fig 13. Circadian variation of Lactate after 20 min exercise	44
Fig 14. Difference of Glucose and Lactate Concentration after 20 min exercise	45

I. 서론

1. 연구의 필요성

2001년도 발표된 통계청 자료에 따르면, 우리나라의 총인구에서 차지하는 노인인구의 비율은 1995년의 5.9%에서 2002년의 7.9%로 증가 추세에 있으며, 다가오는 2010년에는 10.7%, 2020년에는 15.1%, 그리고 2030년에는 23.1%로 급증하여 본격적인 고령화 사회로 접어들 것으로 예측된다(통계청, 2001).

우리나라는 65세 이상의 노인 의료비가 전체 의료비에서 차지하는 비중이 22.7%이고 노인 의료비 증가율이 전체 의료비 증가율의 2배에 가까운 현실이므로 노인 의료비를 절감할 수 있는 방안을 시급히 마련하여야 할 실정이다(보건복지부, 2001).

수명의 연장이라는 과거에서부터의 목표는 달성되고 있지만, 어떻게 하면 노년기를 의미 있게 보낼 수 있는가를 논하는 삶의 질(QoL)에 관한 과제는 지속적으로 해결해야 할 중요한 과제이다.

이러한 사회의 변화추세를 감안할 때 나이가 들면 사회의 부담이라는 관념보다 사회활동과 생산 활동에 참여할 수 있다는 사회의 자원으로 보는 것이 바람직하다. 또한 간호를 필요로 하는 노인의 증가를 감소시키고 삶의 질(QoL)을 어떻게 향상시킬 것인가가 오늘날 고령화 사회의 해결해야 할 가장 큰 문제이다. 이를 위해서는 질병과 기능장애 등의 1차적인 예방뿐만 아니라, 적절한 신체활동으로 신체 기능을 유지시키는 것이 중요하다.

노화에 따른 신체 변화와 관련된 선행연구에 의하면, 노인의 심혈관계 기능은 연령이 증가함에 따라 점차 저하하는데 65세 노인은 30대와 비교하여 볼 때 심박출량은 20~30% 저하(Clarke, 1977), 혈압은 10~40mmHg 증가(Perman & Adams, 1989), 최대심박수는 매 10년마다 10bpm씩 감소한다

(Zoller, 1987; Wei, 1992). 또한 최대심박수나 1회 심박출량, 최대산소섭취량도 역시 감소하는 것으로 나타났다(Gerstenblith et al., 1976; Shephard, 1982; Young, 1986; Buskirk & Hodgson, 1987; Ferkeitch et al., 1998).

Buskirk(1985)는 미국심장학회(American Heart Association)에서 운동 부족이 고혈압, 고지혈증, 그리고 흡연과 함께 심장병의 중요한 위험 요인이라고 발표하였으며, 또한 심장병의 예방과 치료를 위한 방법으로 규칙적인 신체활동을 강조하였다.

생체 기능의 생리적 적응 및 조절에는 자율신경(autonomic nerve)이 중요한 역할을 하고 있다. 자율신경에는 교감신경(sympathetic nerve)과 부교감신경(parasympathetic nerve)이 있으며, 이들 활동에는 일중리듬(circadian rhythm)이 존재한다.

운동 시 심박수가 증가되는 원인은 교감신경의 활성도의 고조가 관여하고 있으므로, circadian rhythm을 고려하면 교감신경과 부교감신경의 긴장도에 차이가 있는 아침 이른 시간과 점심 그리고 저녁 늦은 시간에 운동을 하였을 때 심장의 박출 양식이 달라질 것으로 예측한다. 근년에 와서 조깅 붐이 일어나 출근이나 통학 전에 아침 운동을 하는 사람들이 늘어나고 있으며, 이와 같은 아침 운동 시에 심장 이상으로 일어나는 사고의 발생 빈도가 높다고 한다. Framingham Study(Willich, et al., 1986)에서도 통계적으로 심장 이상으로 일어나는 돌연사의 발생 빈도가 아침 운동에 많다고 지적된 바 있으며, Muller et al (1985; 1987)도 심장이상으로 발생하는 돌연사가 아침 운동 시에 많이 일어나고 있음을 밝혔다. 이것은 자율신경의 circadian rhythm과 심부담도가 어떤 관계가 있음을 시사하는 것으로 생각된다. 그러나 이와 같은 연구 결과의 실험 대상은 환자의 경우가 많고 건강인을 대상으로 한 경우는 거의 없다.

인간에는 circadian rhythm이 존재하여 자율신경의 활성도가 변화되면 심박수와 혈압에 변화를 일으켜 심장혈관계의 동력학(cardiovascular

hemodynamics)이 달라진다(강희성 et al., 1990). 따라서 같은 강도의 운동이라 할지라도 어느 시간대에 운동을 실시하였는가에 따라서 심부담도가 달라질 수 있다. 그러나 이에 대한 연구는 이루어지지 않고 있는 실정이다.

규칙적인 운동은 관상동맥 질환, 당뇨병, 고혈압증, 골다공증과 같은 노화 관련 질병을 예방할 수 있다고 보고 된 바 있어(Alekel et al., 1995), 규칙적인 운동은 건강을 유지하고 삶의 질을 향상시키는데 중요하다.

고령에 접어들면서 고혈당을 호소하는 사람이 많아지고 당뇨병을 앓는 경우도 적지 않다. 당대사라는 관점에서, 고령자가 어느 시간대에 운동해야 할 것인가는 대단히 흥미로운 과제이다.

하루 중 혈당치의 변동은 주로 식사 섭취에 의존되고 있는데 정상인의 공복시 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 아침식사 후, 점심식사 후, 저녁식사 후의 세 차례의 상승기가 있으며, 야간에 접어들면 오전 4시경에 최저치를 나타내고 오전 8시경을 앞두고 상승하는 하루 중 변동이 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).

하루 중 변동에서 나타나는 이른 아침의 혈당 상승은 새벽 현상(Dawn phenomenon)이라고 불리며 주목되어 왔다(DeFeo, 1988). 이 현상은 처음에 제1형 당뇨병 환자에게, 그 후 제2형 당뇨병 환자(Bolli et al., 1984a), 나아가 정상인에게도 나타났다고 보고되었다(Bolli et al., 1984b). 이러한 현상은 혈당조절의 항상성에 있어서의 생리적인 주기라고 고려되고 있다.

이와 같이 안정 시 혈당치의 하루 중 변동(**circadian rhythm**)에 대해서는 연구가 진전되어 자료가 축적되고 있지만, 운동을 수반했을 때, 혈당치의 하루 중 변동에 대한 연구는 거의 없는 편이다. 따라서, 당대사라는 관점에서 고령자가 하루 중 어느 시간대에 운동해야 하는 것이 바람직한가에 대한 논의는 매우 흥미로운 과제이다.

건강을 목적으로 운동을 하고 있는 중·고령자는 이른 아침, 혹은 저녁에 실시하는 경우가 적지 않다. 이른 아침에 운동을 할 경우 야간의 발한에 의해 체수분량이 감소하게 된다. 이러한 상황에서 운동을 하게 되면 특히, 혈장량의 감소에 의해 순환계에는 커다란 부담을 주게 된다. 한편, 저녁운동은 이른 아침과 비교해 볼 때 수분 섭취상황이 개선될 것으로 예상된다.

우리는 하루 24시간을 주기로 생활함으로써 **circadian rhythm**(Latin어로 **circa**는 ‘약, 대강’, **dies**는 ‘하루’라는 뜻임)을 가지고 있다. 그중 가장 대표적인 것이 수면/깨어있음의 주기이며, 실제 인간은 100개 이상의 생물학적 리듬을 가지고 있는 것으로 알려져 있는데, 이중 많은 리듬들이 수면/깨어있음의 주기와 연결되어 있다(김정기, 1998). 또한 **circadian rhythm**(생물이 하루정도의 주기로 되풀이되는 변화)의 관점에서 신체의 활동 수준이 높고 생리적인 부담은 가벼울 것으로 예상된다. 이른 아침 운동은 수분 부족과 더불어 체온이 낮고 운동에 적합한 신체상황이라고는 말하기 어렵다.

중·고령자가 되면 고혈압 경향을 나타내는 사람이 많다는 점에서 이른 아침의 운동부하가 생체에 어떠한 부담으로 작용하는지를 명확히 밝힐 필요성이 있다. 이와 같이 고령자가 어느 시간대에 운동해야 할 것인가의 문제는 대사계 뿐만 아니라 순환계에 있어서도 중요한 의미가 있다.

고령화가 이미 진행되고 있는 선진국에서는 노인과 운동에 관련된 많은 연구가 수행되어 왔고, 그 결과가 노인의 복지 증진을 위한 행정정책 및 사회 환경 구축에 유용하게 활용되고 있지만 우리나라는 노인에 관한 연구 자료가 매우 미흡한 실정이다. 따라서 노인을 위한 복지시설 및 정책 개선

을 위하여 노인을 위한 기초적 연구, 특히 일상생활에서 할 수 있는 운동프로그램의 개발 등 여러 연구가 절실하게 요청된다.

2. 연구 목적

본 연구는 고령여성과 일반여자대학생을 대상으로 20분간 자전거 운동 후 생체리듬(circadian rhythm) 및 에너지대사, 순환계에 미치는 영향을 비교, 검토함으로써 고령자에 적합한 운동처방 프로그램을 개발하는데 필요한 과학적인 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

3. 연구 가설

본 연구의 가설은 다음과 같다.

- (1) 고령여성과 일반여자대학생간의 각 시간대에 따른 운동 후 심박수, 혈압의 변화에 차이가 있을 것이다.
- (2) 고령여성과 일반여자대학생간의 각 시간대에 따른 혈당, 젖산의 변화에 차이가 있을 것이다.
- (3) 고령여성과 일반여자대학생간의 각 시간대에 따른 체온의 변화에 차이가 있을 것이다.
- (4) 고령여성과 일반여자대학생간의 각 시간대에 따른 탄수화물 및 지방산화량에 차이가 있을 것이다.

4. 연구 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

- (1) 본 실험에 참여한 피험자들은 65세 이상의 고령여성 10명과 일반여자 대학생 10명으로 한정하였다.
- (2) 피험자들의 일상생활을 통제하지 못하였다.
- (3) 피험자들의 음식섭취를 통제하지 못하였다.
- (4) 피험자들의 유전적 특성 및 심리적 요인을 통제하지 못하였다.
- (5) 고령여성의 운동 강도를 설정하기 위한 최대산소섭취량은 안전 및 체력적 한계로 인하여 peak시의 산소섭취량으로 하였다.
- (6) 안정성을 확보하기 위하여 자전거 운동을 20분으로 설정하였다.

5. 용어 정리

(1) circadian rhythm (생체리듬)

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 본

다. 보통 22시간 ~ 28시간을 주기로 나타내며, 평균 25시간을 주기로 한다.

(2) 체질량지수 (body mass Index : BMI)

과체중 및 비만을 평가함에 있어 세계적으로 통용되는 방법으로 신장(m)의 제곱을 분모로 하고 체중(kg)을 분자로 한 수치이다. 대다수의 인구 집단에서 체지방량과 높은 상관관계를 가진다는 장점이 있어 체중 및 신장을 이용한 지수 중 가장 널리 쓰이는 방법이며, 체질량지수가 높을수록 심혈관 질환, 비만관련 암의 발생률이 높아지고 조기 사망 가능성도 높아진다.

(3) 체지방율 (%body fat)

성인 남자는 체지방율이 25%이상일 경우 비만증으로 판정하며, 성인 여자는 체지방율이 30%이상일 경우 비만증으로 판정한다.

(4) 최대산소섭취량 (maximal oxygen consumption : VO_{2max})

최대산소섭취량(VO_{2max})은 인체가 최대로 운동하는 중에 섭취할 수 있는 단위시간당 산소의 양으로, 심혈관계의 최대 기능적 능력을 반영하며, 개인의 심폐지구력을 평가하는 지표라 할 수 있다.

(5) 심박출량 (cardiac output : Q)

심박출량은 심장의 수축운동에 의해 1분 동안 심장에서 뿜어내는 혈액의 양.

(6) 1회 박출량 (stroke volume : SV)

1회 박출량은 심장의 좌심실이 1회 수축하여 내보내는 혈액의 양.

(7) 혈압 (blood pressure)

심장의 펌프 작용으로 혈관에 미치는 혈액의 압력으로써 혈압계에 의해

mmHg(millimeters of mercury) 단위로 측정되며, 이완기 혈압(systolic blood pressure, SBP)과 수축기 혈압(diastolic blood pressure, DBP)으로 분류된다.

(8) 에너지 소비량 (energy expenditure)

일일 총 에너지 소비량은 하루 24시간을 활동하는데 필요로 하는 에너지량으로 안정시대사량(RMR)이 약 60~75%를 차지하고, 그 나머지는 음식의 열량 효과(TEF), 활동의 열량 효과(TEA), 그리고 적응성 열생성(AT)이 포함 되어 있다.

(9) 혈당 (glucose)

6개의 탄소원자로 구성된 단당류의 탄수화물로서 체내 에너지원이다.

(10) 젖산 (lactate)

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

II. 이론적 배경

1. 신체구성

연령증가에 따른 신체구성의 변화는 영양상태, 기능적 능력 그리고 만성 질환의 위험과 관련이 깊기 때문에 노인들의 건강에 중요하다.

체지방량은 30~70세 사이 25~30%정도 감소하는 것으로 알려져 있다 (Grimby and Saltin, 1983). 이러한 신체구성의 변화와 관련하여 작업능력이 나 근력의 감소(Grimby and Saltin, 1983)는 걷기(Bassey et al., 1988) 및 물건 들어올리기(Jette and Branch, 1981)와 같은 일상생활을 수행하는 활동 영역에 영향을 미친다.

체지방률은 남녀간 차이가 있고, 성장과 노화에 의해 변화하며, 또한 비만 정도에 따라서도 큰 차이를 보인다. 따라서 노인들을 위한 체지방률 기준치를 설정하는 것은 매우 어렵다. Shinokata 등(1989)은 체지방률은 생활 습관과 환경요인 등에 의해 어느 정도 변화하며 남성은 흡연, 음주, 운동습관 그리고 교육 등의 환경적인 영향을 여성보다 2배 이상 받는다고 보고하면서, 남녀의 체지방 분포의 차이는 주로 성호르몬 분비량의 차이에 의한 것이며, 일반적으로 성인 남성과 여성은 각각 복부와 둔부, 그리고 대퇴부에 지방이 축적되는 경향이 있어 성호르몬의 분비가 적어지는 55세 이후의 체지방 분포의 남녀 성별 차이는 적어진다고 보고하였다.

Bouchard 등(1990)은 규칙적인 유산소 운동이 체지방량을 감소시키고, 체지방량의 감소를 예방할 수 있다고 보고하면서, 중년기 성인들에 비해 노년기 성인들에서 복부내 지방(intra-abdominal fat)이 높게 나타난 것으로 보고하고 있다.

Schwartz 등(1991)은 평균연령 67세 노인을 대상으로 27주간 50~

85%HR_{max}의 운동 강도로 걷기와 조깅을 실시한 결과, 복부내 지방의 25%가 감소하였다고 보고하였다. 그리고, Seidell 등(1989)은 복부내 지방의 증가는 여러 가지 대사장애를 유발할 수 있으므로 심혈관계 질환 발생의 위험요인이라고 보고하였다.

2. 심장, 혈관 기능의 변화

최대 유산소성 능력은 나이가 들면서 감소하는데, 이는 노화와 함께 나타나는 각종 생리적 기능의 저하와 관련 있으며 나아가서는 노인의 자립능력을 저하시킨다(Dempsey and Seals, 1995; Holloszy and Kohrt, 1995). Kasch 등(1993)은 최대산소섭취량의 저하율이 운동집단과 비교집단사이에서 약 3배 이상의 차이를 관찰하였다. 이러한 저하율의 일부는 연령의 영향을 받으며, 나머지는 운동부족이라고 설명하고 있다. 따라서, 노인도 신체활동을 하면 최대산소섭취량의 감소율을 10년에 5%정도 줄일 수 있을 뿐만 아니라 적절한 운동 프로그램은 20%까지도 감소율을 증가시킬 수 있다고 하였다(Kasch et al., 1993).

Blair 등(1989)은 낮은 유산소성 능력은 모든 사망의 위험요인이 되며 노화로 인한 사망률이 증가하는 것은 평균 45세의 남자의 경우 VO_{2max} 가 35ml/kg/min이하가 한계치라고 하였으며, 노인이 독립생활을 할 수 있는 최소기준은 15ml/kg/min라고 하였다. Saltin(1999)은 최대산소섭취량과 질병율과의 관계에서 28.6ml/kg/min보다 낮아지면 질병율은 크게 증가하고, 이보다 높으면 감소한다고 보고 하였다. 따라서, 여기에서 28ml/kg/min라고 하는 최대산소섭취량의 수치는 노인들에게 매우 중요한 기준치가 될 수 있다.

한편, 노인에게는 일상생활에서 최대로 신체의 힘을 발휘할 수 있는 기회가 없기 때문에 활동 능력을 평가하기 위해서는 최대산소섭취량 보다는 최대하부하에서 오래 지속할 수 있는 능력이 보다 중요할 수도 있다. 또한, Hickson 등(1980)은 하지 근력 트레이닝 실시한 결과, 최대산소섭취량은 4%만 증가하였지만, 트레드밀에서 지구성 운동시간은 12%증가하였다고 하였다.

연령증가와 함께 호흡기능은 저하된다. 호흡질환이 없고 동맥혈의 항상성

이 70세 이상까지 잘 유지될지라도 가령(aging)에 따른 호흡근의 약화로 호흡근의 산소소비와 호흡사강이 증가하며 폐확산 용량이 감소한다.

운동 트레이닝을 통하여 폐의 호흡기관의 구조적 개선은 불가능하지만 일정한 운동 강도에서 소비되는 산소량을 줄일 수 있으며, 노인의 호흡 기능 저하를 완화시켜 VO_{2max} 를 증대시킬 수 있다고 한다.

Shephard(1982)는 60~70대의 좌업자 남자의 VO_{2max} 값이 23~33ml/kg/min라고 보고 하였다. 이것은 비운동 집단의 평균 VO_{2max} 23~33ml/kg/min값과 거의 비슷한 수준이었다. 일반적으로 VO_{2max} 는 30세부터 감소하기 시작하여 25세 이후에는 10년마다 거의 9%씩 감소하며, 매년 0.45ml/kg/min씩 감소한다고 한다. (Dehn and Bruce, 1972; Heath et al., 1981).

노화에 따른 신체 변화와 관련된 선행연구에 의하면, 장기간의 규칙적인 운동으로 노화와 함께 불가피하게 생기는 HR_{max} 의 저하가 가져오는 VO_{2max} 의 감소를 줄일 수 있으며(Lee Jae Moon, Choi Seung Wook, Kim Tea Young and Masahiro Yamasaki, 2004), 노인의 심혈관계 기능은 연령이 증가함에 따라 점차 저하하는데 65세 노인은 30대와 비교하여 볼 때 심박출량은 20~30% 저하(Clarke, 1977), 혈압은 10~40mmHg 증가(Perman & Adams, 1989), 최대심박수는 매 10년마다 10bpm씩 감소한다(Zoller, 1987; Wei, 1992). 또한 최대심박수나 1회 심박출량, 최대산소섭취량도 역시 감소하는 것으로 나타났다(Gerstenblith et al., 1976; Shephard, 1982; Young, 1986; Buskirk & Hodgson, 1987; Ferketi ch et al., 1998).

3. 혈압의 변화

심장이 수축될 때, 심장은 동맥계와 인체기관이 받아들일 수 있는 것보다 더 빠르게 동맥으로 들어가도록 혈액을 박출한다. 따라서, 심장박동과 함께 동맥조직 내에서의 압력을 수축기 혈압이라 부르고, 심장이 쉬는 동안 동맥계 안에 남아있는 압력을 확장기(이완기) 혈압이라 한다. 수축기 혈압은 심장이 작동하는 일의 양과 심실 수축에 의한 동맥벽의 긴장을 반영한다. 이완기 혈압은 당면한 말초혈관의 저항의 크기와 혈액이 얼마나 쉽게 인체기관이나 근육에 순환되어지는가를 가리킨다. 높은 이완기 혈압은 심장의 순환주기를 통하여 동맥 내부의 압력이 남아있음을 가리킨다. 이것을 표현하는 한 방법은 동맥압력의 평균(mean arterial pressure)이고, 이는 전체 심장순환 동안 동맥벽에 대하여 혈액이 작용한 평균의 힘이다. 동맥압력은 나이와 함께 증가하고 이완기 압력보다 수축기 압력에서 더 증가한다(Lakatta, 1986). 또한 맥압(수축기와 이완기 압력사이의 차이)과 수축기 압력은 증가된다.

노화됨에 따라 주요 혈관은 점점 굳어가고, 굳어진 동맥은 매번의 심박출량을 훨씬 느리게 받아들여지게 된다. 결과적으로 휴식하고 있는 맥압의 증가와 수축기 압력의 증가가 초래된다. 160mmHg보다 더 큰 수축기 혈압이나 95mmHg보다 큰 이완기 혈압은 병적이거나 고혈압적인 현상으로 간주된다. 65세 이상의 사람들 중 적어도 40%가 고혈압을 가지고 있다(Vokonas et al., 1988).

치명적이거나 그보다는 약한 심혈관계 질병의 65%~70%는 고혈압 상태에 있는 사람에게 발생한다(Klag et al., 1990).

많은 노화연구자들과 의사들은 약을 사용하지 않고 고혈압을 대처하는 방법으로서 정기적인 운동을 추천한다. 운동은 영양과 행동수정을 함께 병행시켜 많은 고혈압 환자의 수축기 혈압을 체계적으로 낮출 수 있기 때문

이다. 한 연구에서 50세와 89세 사이의 백인 여성(641명)을 신체활동량에 따라 운동을 저강도(58%), 적정강도(24%), 고강도(6%) 또는 아무런 활동도 하지 않는(12%) 집단으로 나누어 연구한 결과, 활동강도가 증가할수록 수축기 혈압이 낮아졌다고 보고되었다(최고 20mmHg). 이것은 고혈압을 낮추는 비율과 높은 신체활동의 관련성이 있음을 나타낸 것이다(Reaven et al., 1991).

젊은 대상자들부터 중년 대상자들까지를 연구한 결과, 운동이 안정 시 혈압을 줄일 수 있다는 것이 보고되고 있지만, 이러한 결과가 모든 노년층에게도 적용됨을 의미하는 것은 아닐 것이다. 예를 들어, 운동하는 동안 고혈압 환자의 심혈관계의 반응은 좀 다르다. 구체적으로 그들의 최대 심박출량과 심박수, 수축기와 이완기 혈압, 그리고 전체적인 말초혈관의 저항은 젊은이들보다 훨씬 높다. 그러나 재활운동 프로그램의 심근작용의 요구 수준은 고혈압을 지닌 노인들에게 과도하지 않기 때문에 고혈압을 가진 노인들을 되도록 운동프로그램에 포함시켜야한다(Montain et al., 1988). 고혈압 환자들을 위한 신체적 운동에 있어, 운동 지침내용들이 외부의 다른 기준보다는 오히려 자각의 원리에 입각하여 실시된다면, 이러한 운동프로그램은 대단히 유익하다. 3~4년 이상 강한 운동을 지속한 후천성 심장병 환자들은 낮은 수축기 압력을 갖게 되었다. 그러나 비록 운동과 함께 수축기 압력의 저하가 통계학적으로 유의하다 할지라도, 그 유의성이 너무 적어서 치료방법상의 의의는 아직 의문으로 남아 있다(Shephard, 1987).

비록 즉각적인 운동이 혈압을 높일지라도(젊은이의 것보다 노인들에 있어 더욱 높음), 장기간의 지속적인 운동은 고혈압이 없는 사람들에게서 약 10mmHg의 휴식시 수축기와 이완기 혈압을 낮춘다.(Lund-Johansen, 1998; Montoye et al., 1973).

고혈압 환자 중 젊은 사람들의 혈류동태(혈류역학, hemodynamics)가 나이든 고혈압 환자들의 것과는 상당히 다를지라도, 체계적인 운동은 나이든

고혈압 환자의 혈압을 낮춘다. 나이든 고혈압 환자들은 젊은 고혈압 환자들보다 운동에 의한 효과가 좀 떨어진다고 보인다. 젊은 고혈압 환자들은 휴식 시 높은 심박출량을 보이지만, 노인들의 심박출량은 매우 낮고, 말초혈관의 전체 저항력은 매우 높다(Montain et al., 1988). 하지만 이러한 차이점은 그리 크지 않기 때문에 연구자들은 운동에 대하여 다음과 같이 충고한다. 본질적인 고혈압을 가진 노인들은 재활 프로그램에서 항상 처방된 운동 강도에 따라 실시하여, 적당하게 심근의 요구수준들을 조절해야 한다. 일반적으로 고혈압의 노인들은 낮은 심박출량과 1회 박출량, 더욱 높은 전체 말초혈관의 저항력을 가지기 때문이다.

4. 혈당의 변화

글루코스 내성은 에너지를 위하여 신진대사되는 글루코스의 효율성을 나타낸다. 이 효율성은 나이를 먹을수록 감소된다. 인슐린 저항성은 인슐린에 대한 조직이나 전신의 약해진 반응을 나타낸다. 따라서, 글루코스를 자극하여 세포 내로 흡수시키는 인슐린의 능력이 감소된다. 인슐린 저항은 나이와 함께 더욱 증가하게 된다. 제2형 당뇨병은 감소된 글루코스 내성과 증가된 인슐린 저항수준으로 특정 지워진다. 이러한 현상은 높아진 인슐린 수준(hyper-insulinemia)에도 불구하고, 정상보다 훨씬 높은 수준의 글루코스가 순환되게 한다. 평균적인 사람에게 있어 혈액 글루코스 수준은 매 10년마다 혈장의 100ml당 약 5~6mg씩 증가한다. 이 질병은 45세 이상의 사람들의 20%가 영향을 받는다.

글루코스의 높은 순환 수준이 췌장, 신장, 간장, 심장과 심혈관, 눈 그리고 중앙과 말초의 신경조직에 해롭기 때문 주로 과식과 운동부족에 의해 촉진되어지는 제2형 당뇨병은 대단히 위험한 질병이다. 동맥혈관에 있어 지질막의 형성은 뇌를 포함한 주요인체기관의 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. 결국 이런 나쁜 악순환에 빠져 있는 사람은 인슐린 약물치료에 더욱 심하게 의존하여야 할 것이다.

근육 수축은 인슐린과 관계없이 글루코스가 근육세포에 쉽게 이동하도록 하고, 인슐린 저항을 보완해 준다. 지속적인 운동은 당뇨병 예방에 중요한 역할을 하고 있고, 당뇨병을 통제하기 위하여 의학적 처방과 함께 운동이 필수이다.

가벼운 제2형 당뇨병인 경우, 체중의 감소와 신체적 운동량의 증가가 당뇨병을 조절하는데 필요한 것이라고 보고 되고 있다(Berger et al., 1982).

5. 젖산의 변화

무산소성 작용의 부산물로써 근육 안에 젖산이 생성된다. 혈액에 있어 유 의한 젖산 수준들의 출현은 근육세포의 에너지 수요가 산화적인 대사작용에 의해 단독으로 더 이상 이루어지지 않는다는 것을 나타낸다. 따라서 혈액 젖산의 축적은 무산소성 신진대사의 지표나 수축하는 근육의 순환적 특성으로 이용될 수 있다(Karlsson, 1985).

운동이 더 강하게 진행되면 될수록, 젖산은 가속적으로 증가한다. 젖산이 일정한 수준에 도달할 때, 비산화적인 에너지 생성과 젖산의 제거과정으로 혈중 젖산을 낮게 유지하기는 힘들다. 따라서 운동은 틀림없이 계속될 수 없을 것이다(Karlsson, 1985).

젖산 생성과 제거율 모두는 나이의 증가와 함께 감소한다. 노인의 무산소성 체계는 에너지 생산을 위해 빠르게 작동하지 못하고(따라서 젖산 수준이 증가함), 젖산이 생성되어도 이를 빠르게 제거하지 못한다. 무산소성 체계의 기능저하는 근육크기의 축소와 해당작용에 크게 의존하는 것으로 알려진 속근 근섬유의 크기와 숫자가 감소하기 때문이다. 또한 노인들에 있어서, 근육의 낮은 혈류 수준은 높은 젖산 상태에서부터 회복을 느리게 한다.

젖산은 짧고 강한 힘을 요구하는 운동에서뿐만 아니라, 보통 정도의 강도나 최대하 유산소성 운동에서도 역시 생성된다. 훈련되지 않은 사람의 경우 젖산이 그 사람의 최대 유산소성 능력의 50~55% 수준의 부하가 주어졌을 때부터 축적되기 시작한다. 그때, 그들의 산화적 체계는 운동(작업)의 수준에 필요한 에너지 요구량을 따라가질 못한다. 장기간의 지구성 운동 시 생성되는 젖산은 지칠 때까지 트레드밀 달리기와 같은 최대 지구력 검사 방법에 의하여 관찰된다. 그러한 검사에 있어 젖산 축적율이 갑자기 증가하는 시점을 혈중 젖산역치점이라 부른다. 기진맥진할 때까지 달린 후, 젊은 남성들의 혈중 젖산은 나이든 남성의 젖산보다 더 많음에도 불구하고 혈액에

서 빠르게 제거된다.

젊은이의 조직들은 신속히 혈중의 젖산을 제거하며, 트레드밀 검사 후 7분 후에 혈중 젖산 수준이 이미 안정되어 있다. 그러나 더 나이든 남성들(35-65세)의 혈액 젖산수준은 운동 후 3~7분까지 계속 증가되었다(Tzankoff & Norris, 1979). 노인들에 있어 혈중 젖산 제거능력의 저하는 나이와 관련된 지구력의 감소를 부분적으로 설명할 수 있을 것이다.

혈중 젖산역치는 같은 운동 부하에 대하여 젊은 성인들보다 나이든 노인들에게서 더 일찍 발생한다. 예를 들어, 두 나이 집단 모두 같은 속도에서 조깅하고 같은 거리를 달린다면, 노인들은 젖산을 더 빠르게 축적할 것이다. 왜냐하면 노인들이 그들의 최대 산소 소비의 50~55%에 해당하는 운동 부하에 더 빠르게 도착할 것이기 때문이다. 이러한 검사를 하는 동안, 같은 최대하 운동 수준에서 산소 섭취량은 혈장의 젖산 증가와 비례하여 천천히 증가한다. 그러나 최대산소섭취량 흐름은 젊은 사람들에 있어서보다 나이든 사람들에서 낮아진다.(Chick et al., 1991).

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 서울시 S구에 거주하는 만 65세 이상 고령여성 10명 (65.5 ± 3.0세)과 서울시 S여자대학교 일반여자대학생 10명(21.5 ± 1.0세)을 대상으로 하였다.

대상자는 일상생활에서 운동습관이 없고, 당뇨병, 신장 질환, 심혈관계 질환, 갑상선 질환 등 대사성 질환을 가진 사람은 제외하였다.

본 연구의 대상자들은 연구의 목적 및 조사 내용을 충분히 인지한 후, 연구에 자발적으로 참가하도록 하였으며, 이들의 신체적·생리적 특징은 <Table 1> 과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects

Variable	young women (n=10)	old aged women (n=10)	P
Age(yr)	21.5 ± 1.0	65.5 ± 3.0*	0.001
Weigh(kg)	53.4 ± 6.2	56.2 ± 7.5	0.370
BMI(kg/m ²)	20.8 ± 1.7	23.9 ± 2.5*	0.004
% body fat(%)	24.8 ± 4.5	31.1 ± 3.2*	0.002
Fat mass(kg)	13.4 ± 3.2	17.7 ± 4.0*	0.016
Fat-free mass(kg)	40.0 ± 4.4	38.6 ± 3.9	0.442
VO _{2max} (ml/kg/min)	39.3 ± 4.6	19.1 ± 5.0*	0.001
Watt _{max}	156.0 ± 12.7	87.9 ± 17.0*	0.001
BMR(kcal/d)	1241.9 ± 87.5	1202.2 ± 84.0	0.314
REE(kcal/min)	10.6 ± 1.0	5.4 ± 1.2*	0.001

Mean±SD. BMI; body mass index, VO_{2max}; maximal oxygen uptake, BMR; basal metabolic rate, REE; resting energy expenditure, *p<0.05

2. 연구 절차

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



Fig 1. Process of the study

3. 연구 기간

본 연구 기간은 <Table 2> 에 제시된 바와 같다.

Table 2. Procedure and time frame of the study

Procedure	Time frame
Literature review	2004. 03. ~ 2004. 07.
Design of experiments	2004. 07. ~ 2004. 08.
pre test	2004. 08. ~ 2004. 09.
Sampling the subjects	2004. 10. ~ 2004. 12.
Measurement (pre and post test)	2005. 01. ~ 2005. 04.
Data analysis	2005. 04. ~ 2005. 05.
Writing dissertation	2005. 04. ~ 2005. 07.

4. 측정 장비

본 연구에 사용된 측정 장비는 <Table 3> 에 제시된 바와 같다.

Table 3. Measurement variables and instruments

Variable	Model and manufactory	Details remark
1. Physique	Sam-wha (Korea)	Height
	CAS 150A (Korea)	Weight
2. Body Composition	PRODIGY (USA)	% body fat, fat mass, fat-free mass, body mass index
Cycle ergometer	Schiller ERG911S und BP (Germany)	3. operation of 4. exercise intensity
Lactate	Lactate Pro (Japan)	Lactate
Glucose	Super Grucocard II (Japan)	Glucose
5. Blood pressure	Tango Suntec(USA)	SBP/DBP
Cardiorespiratory test	Ergo Spirometry CS-200 BP-200(Germany)	VO ₂ , VCO ₂ , RER, HR, ECG

5. 측정 항목

본 연구는 서울시 S여자대학교 운동처방실에서 실시하였으며, 그 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 0.1 cm 단위 기록). 또한 체중은 탈의한 후 체중계의 중앙에 오도록 하고, 기록은 소수점 한자리까지 기입하고 단위는 kg으로 기록하였다.

(2) 신체구성 측정

신체구성 측정은 이중X선골밀도측정기(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 12시간 동안의 완전한 공복 후 아침 9시에 측정하였다. 피험자는 엑스레이 감쇄 물질(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, 양손은 쪽 펴고 손가락을 붙이도록 하였다. 또한 피험자가 움직이는 것을 방지하기 위해 두 개의 straps으로 무릎과 발목을 고정시키고 약 10분 간 측정하였다 <Fig 2> .



Fig 2. Measure for body composition

(3) VO_{2AT} 및 VO_{2max} 의 산출을 위한 운동부하 검사

모든 피험자는 운동부하 검사를 이용하여 유산소성 운동능력의 지표로 사용되는 VO_{2max} 을 평가하였다. 검사를 통하여 얻은 순환기능, 운동수행능력, 그리고 VO_{2AT} , VO_{2max} 등의 결과를 향후 적합한 운동 강도를 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 $26\pm 1^{\circ}C$ 와 습도 $75\pm 1\%$ 를 유지하였다. Ergo Spirometry 자동호흡 대사 분석기를 충분히 준비운동을 시킨 후, 호흡감도 변환기와 가스 농도를 영점조정 하였다. 운동부하 검사의 protocol은(田中 et al., 1998) 자전거 에

르고미터를 이용하여 분당 60rpm의 회전수로 0Watt에서 2분간 준비운동을 실시하고, 매분 15Watt씩 부하를 증가시키는 다단계 점증부하법을 이용하였다 <Fig 3> .

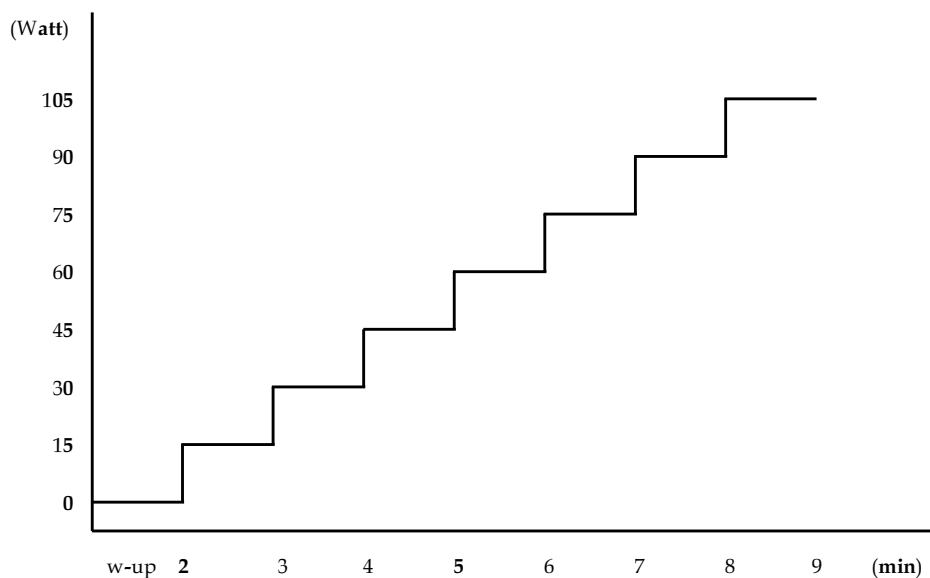


Fig 3. The protocol of graded exercise test (田中 et al., 1998)

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 2 mm 이상 증가 또는 감소를 나타내는 피험자, 수축기혈압(systolic blood pressure)이 230 mmHg 이상 증가 할 경우 검사를 중단시켰다. 또한 HR_{max}의 90%수준에 도달하지 못하였거나 부하량을 증가시켰음에도 불구하고 마지막 측정된 VO₂값이 더 이상 증가하지 않거나 R값이 1.1을 만족시키지 못하는 경우가 이에 해당된다.

운동부하중에는 Borg (1973)에 의해 고안된 RPE(주관적운동강도)에 의해

피험자가 운동 강도를 주관적으로 파악하도록 하였으며, 본인의 의지적으로 더 이상 실시할 수 없는 all-out 상태에 도달하였을 때, 속도 적응 불가능, 이상 증상 발현 시에 즉각 정지될 수 있도록 하여 운동 중 불의의 사고를 예방하였다. 검사 종료 후 정리운동을 한 후 의자에 앉아 최대한 편안한 상태에서 5분간 휴식을 취하도록 하였다.

AT의 산출방법은 1) VE, VCO₂의 급격한 상승 지점, 2) CO₂의 변화를 동반하지 않는 O₂의 상승 지점, 3) VE/VCO₂의 변화를 동반하지 않는 VE/V O₂의 상승 지점으로 3가지 판정 기준에 만족하는 것으로 설정하였다 (Wasserman, 1973).

측정시의 변인은 breath by breath의 방법으로 분석되었다. 검사항목은 체중당 산소섭취량(VO₂ per body weight), 심박수(heart rate: HR), 분당 환기량(ventilation: VE), 혈압(blood pressure) AT수준의 체중당 산소 섭취량(VO_{2AT})등을 측정하였다.

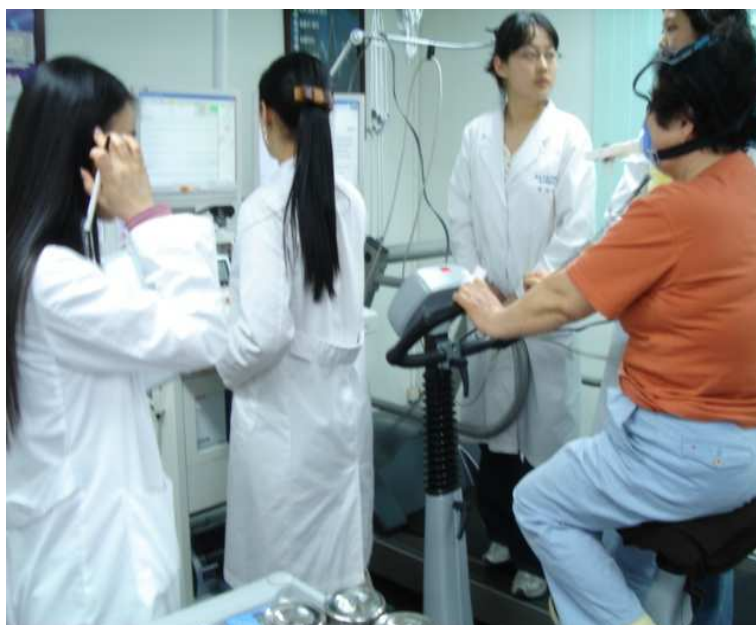


Fig 4. Exercise test for work rate

(4) 20분간의 자전거운동 program 및 지방, 탄수화물 산화량 산출방법

운동강도는 $Load_{max}(Watt)$ 의 $40\%Load_{max}(Watt)$ 를 설정하였다. 이와 같은 강도의 설정은 미국 스포츠의학회(ACSM, 1995)에서 건강한 일반인에 대한 호흡·순환계의 신체구성, 근력, 지구력을 유지·증진하기 위해서 필요한 강도($40\sim70\%VO_{2max}$)의 제안에 근거하여 실시하였다. 피험자 전원에게 오전(09:00), 오후(14:00), 저녁(20:00)에 검사를 실시하였다. 각 운동은 7~10일 간격을 두고 행해졌으며, 가능한 한 신체적으로나 정신적으로 영향을 미치지 않도록 하였다. 자전거 에르고메터를 이용하여 분당 60rpm의 회전수로 0Watt에서 2분간 준비운동을 실시하였다. 20분간의 자전거운동 중에도 운동부하 검사와 동일한 항목을 측정하였다.

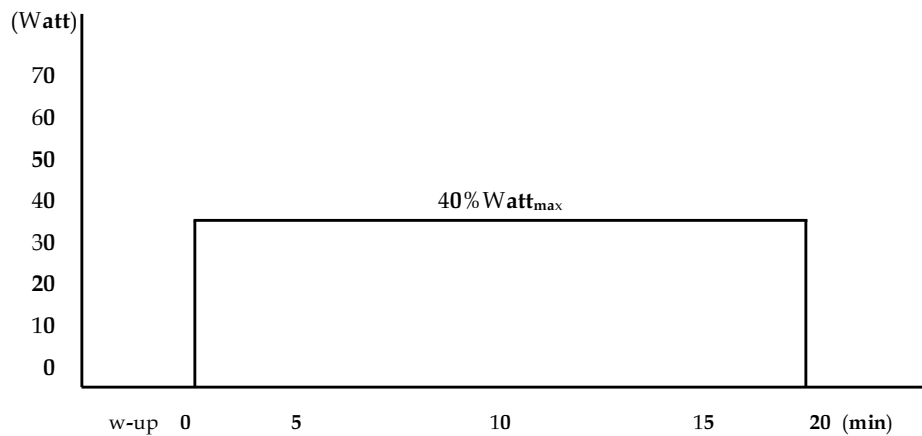


Fig 5. The protocol of 40% $Watt_{max}$ exercise test

또한 지방과 탄수화물의 산화량은 Frayn(1983)의 방정식을 이용하여 산출하였으며, 지방 산화량은 $[(1.67 \times VO_2) - (1.67 \times VCO_2) - 1.92n]$, 탄수화물 산화량은 $[(4.55 \times VCO_2) - (3.21 \times VO_2) - 2.87n]$ 에 의해서 산출하였다(n 은 질소배출량 $135\mu g/kg/min$ 로 가정하여 대입하였다(Romijn et al., 2000)).

(5) 혈중 Glucose 와 Lactate 검사 및 에너지 소비량 산출

운동 중 에너지대사와 피로도 및 에너지 소비량 산출의 분석을 위해서 혈중 Glucose 와 Lactate 검사를 안정시, 20분 운동후에 대상자들의 검지 손가락에서 핑거스트립을 이용하여 약 0.1 cc의 혈액을 채취하였으며, 혈액 분석은 Super Grucocard II(Japan), Lactate Pro(Japan)를 이용하여 분석하였다.

또한, 측정된 VO_2 는 Peronnet & Massicotte (1991)을 참고로 하여 운동 중 지질에 의한 소비에너지를 5분마다 산출하였다.

6. 자료 처리

모든 자료 처리는 SPSS PC⁺(version 12.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였으며 그 구체적인 방법을 제시하여 다음과 같다.

(1) 집단별 각 변인들의 평균치와 표준편차를 구하고, 집단 간 평균치의 차를 검정하기 위하여 **t-test**를 실시하였고, 집단 간 유의한 차이가 있는 경우에는 **Duncan** 방법을 이용하여 사후 검증을 실시하였다.

(2) 모든 통계적 유의 수준(α)은 5%로 설정하였다.

IV. 연구 결과

본 연구는 서울시 S구에 거주하는 만 65세 이상 고령여성 10명(65.5 ± 3.0 세)과 서울시 S여자대학교 일반여자대학생 10명(21.5 ± 1.0 세)을 대상으로 오전(09:00), 오후(14:00), 저녁(20:00)에 검사를 실시하였다. 각 운동은 7~10일 간격을 두고 행해졌으며, 가능한 한 신체적으로나 정신적으로 영향을 미치지 않도록 하였다. 20분간 자전거 운동 실시 후 심박수, 혈압, 에너지 소비량, 탄수화물 산화량, 지방 산화량, 혈당, 젖산, 혈당과 젖산 상관관계에 대한 결과는 <Table 4~10> 에서 보는 바와 같다.

1. 20분간 자전거 운동 후 심박수 변화 비교 결과

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 20분간 자전거 운동 후 심박수의 변화 비교 결과는 <Table 4> 에서 보는 바와 같다.

Table 4. Circadian variation of Heart rate (bpm)

구분	고령여성(n=10)	일반여대생(n=10)	P-values
오전	108.0±31.8	135.3±33.9*	.035
오후	111.1±8.5	135.3±24.0*	.043
저녁	110.1±7.1	141.9±7.1*	.025

Values are Mean±SD, *p<0.05

고령여성과 일반여자대학생의 오전 시간대 자전거 운동 후 심박수 변화는 고령여성이 108.0±31.8bpm으로 일반여자대학생 135.3±33.9bpm보다 약

27bpm(20%)로 낮게 나타나 두 집단 간 유의한 차이를 보였으며, 오후 시간대 자전거 운동 후에도 고령여성이 111.1±8.5bpm으로 일반여자대학생 135.3±24.0bpm보다 약 24bpm(17.7%) 낮게 나타나 두 집단 간 유의한 차이를 나타냈다. 또한 저녁 시간대 자전거 운동 후 두 집단 간의 심박수 변화는 고령여성이 110.1±7.1bpm으로 일반여자대학생 141.9±7.1bpm보다 약 31bpm(21.9%) 유의하게 낮은 경향을 보였다. 오전, 오후, 저녁 시간대에 따른 20분간의 자전거 운동 후 심박수 변화에서 고령여성이 일반여자대생에 비해 유의하게 낮은 경향을 보였다(P<0.05).

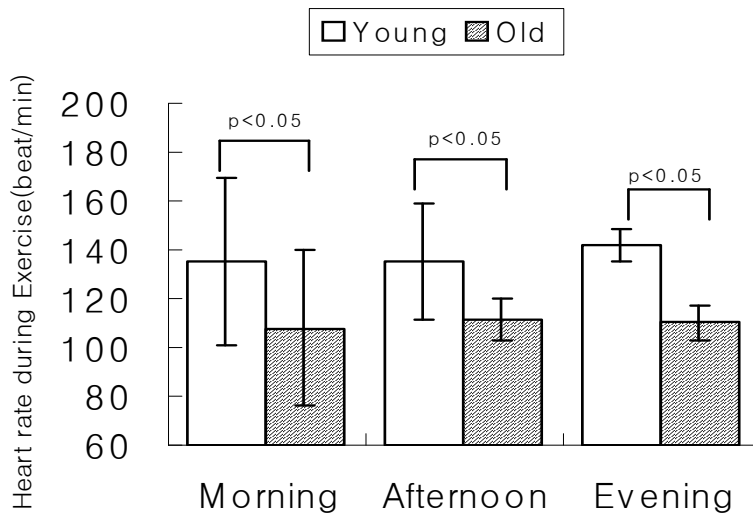


Fig 6. Circadian variation of Heart rate after 20 min exercise

2. 20분간 자전거 운동 후 혈압 변화 비교 결과

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 20분간 자전거 운동 후 혈압의 변화 비교 결과는 <Table 5> 에서 보는 바와 같다.

Table 5. Circadian variation of Blood pressure (mmHg)

구분	고령여성(n=10)	일반여대생(n=10)	P-values	
SBP	오전	161.4±12.7	144.0±2.8*	.012
	오후	162.8±0.7	141.3±7.8*	.003
	저녁	164.1±0.7	138.5±4.9*	.024
DBP	오전	81.3±7.1	74.0±11.3*	.031
	오후	81.4±15.5	70.9±5.7*	.004
	저녁	82.5±12.7	76.4±5.7*	.042

Values are Mean±SD, *p<0.05

고령여성과 일반여자대학생의 오전 시간대 자전거 운동 후 수축기 혈압은 고령여성이 161.4±12.7mmHg으로 일반여자대학생 144.0±2.8mmHg보다 약 17mmHg(11.8%) 높게 나타나 두 집단 간 유의한 차이를 보였으며, 오후 시간대 자전거 운동 후에도 고령여성이 162.8±0.7mmHg으로 일반여자대학생 141.3±7.8mmHg보다 약 21mmHg(14.8%) 높게 나타나 두 집단 간 유의한 차이를 보였다. 또한 저녁 시간대 자전거 운동 후 두 집단 간의 수축기 혈압은 고령여성이 164.1±0.7mmHg으로 일반여자대학생 138.5±4.9mmHg보다 약 26mmHg(18.8%) 높게 나타나 유의한 차이를 보였다. 오전, 오후 저녁 시간대에 따른 20분간의 자전거 운동 후 수축기 혈압은 고령여성이 일

반여자대학생에 비해 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$).

고령여성과 일반여자대학생의 오전, 오후, 저녁 시간대에 따른 20분간의 자전거 운동 후 확장기 혈압은 고령여성이 일반여자대학생에 비해 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 특히, 오전 시간대에서의 두 집단 간 변화는 고령여성이 $81.3\pm 7.1\text{mmHg}$ 으로 일반여자대학생 $74.0\pm 11.3\text{mmHg}$ 보다 약 7mmHg (9.4%) 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 이러한 경향은 오후와 저녁시간대의 20분간 자전거 운동 후에도 동일하게 나타냈다($P<0.05$).

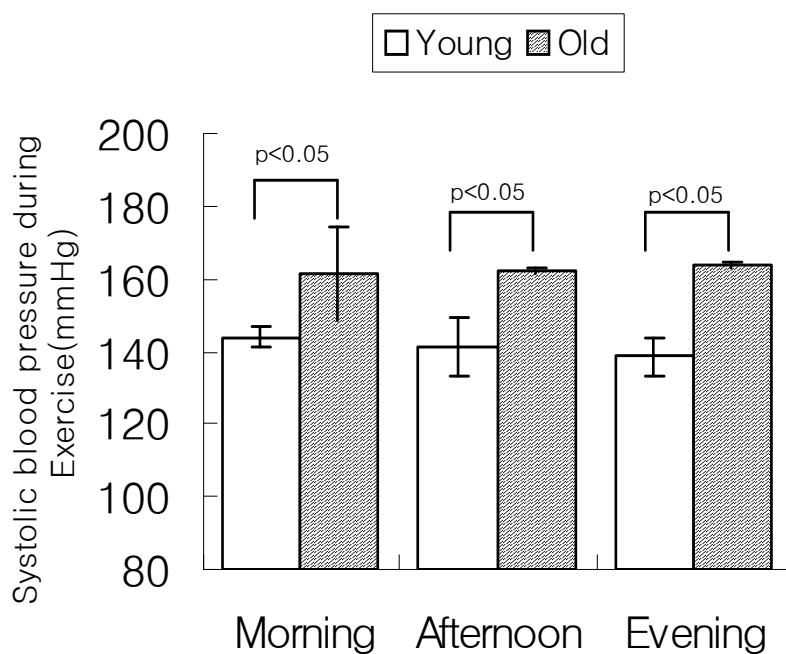


Fig 7. Circadian variation of Systolic blood pressure after 20min exercise

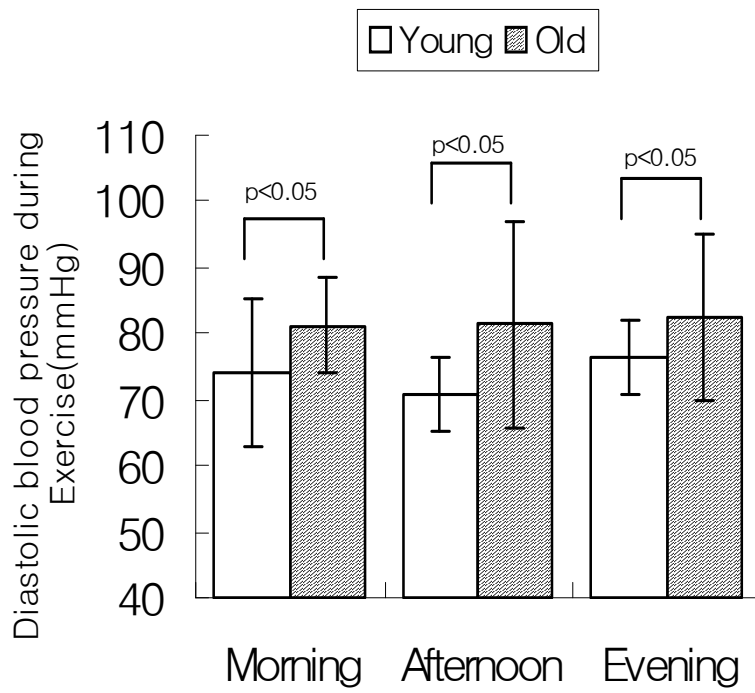


Fig 8. Circadian variation of Diastolic blood pressure after 20min exercise

3. 20분간 자전거 운동 후 에너지 소비량 변화 비교 결과

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 20분간 자전거 운동 후 에너지 소비량의 변화 비교 결과는 <Table 6> 에서 보는 바와 같다.

Table 6. Circadian variation of EE (kcal/min)

구분	고령여성(n=10)	일반여대생(n=10)	P-values
오전	3.9±1.1	4.8±1.8	.243
오후	3.6±1.3	4.8±0.9*	.025
저녁	3.6±0.7	5.2±1.2**	.003

Values are Mean±SD, *p<0.05, **p<0.01

고령여성과 일반여자대학생의 오전 시간대 자전거 운동 후 에너지 소비량의 변화는 두 집단 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 오후 시간대 자전거 운동 후 고령여성이 3.6±1.3kcal/min으로 일반여자대학생 4.8±0.9kcal/min보다 약 1.2kcal/min(24.4%) 낮게 나타나 두 집단 간 유의한 차이(P<0.05)를 보였으며, 저녁 시간대 자전거 운동 후 두 집단 간 에너지 소비량의 변화에서도 고령여성이 3.6±0.7kcal/min으로 일반여자대학생 5.2±1.2kcal/min보다 약 1.2kcal/min(31%)로 유의하게 낮은 경향을 보였다(P<0.01).

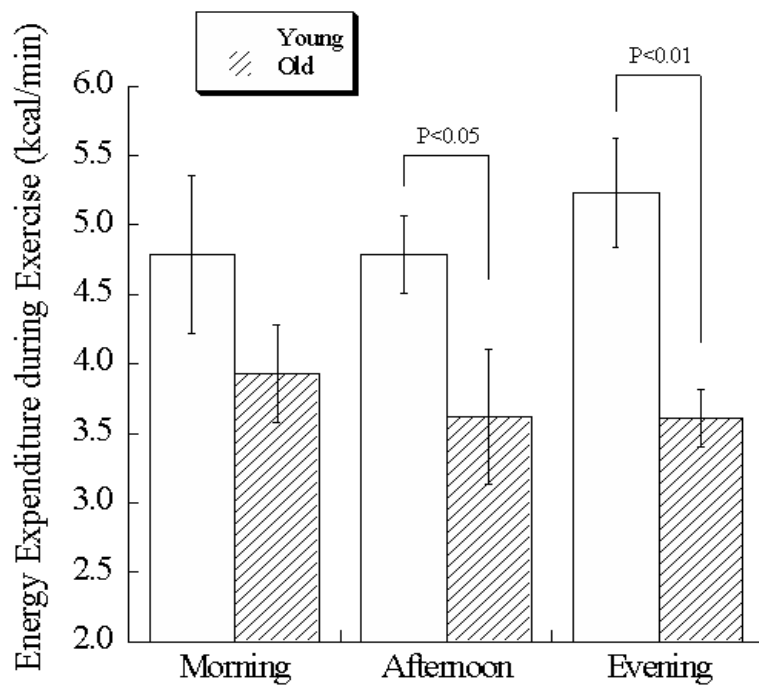


Fig 9. Circadian variation of EE after 20 min exercise

4. 20분간 자전거 운동 후 탄수화물 산화량 비교 결과

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 20분간 자전거 운동 후 탄수화물 산화량의 변화 비교 결과는 <Table 7> 에서 보는 바와 같다.

Table 7. Circadian variation of Carbohydrate Oxidation (g/min)

구분	고령여성(n=10)	일반여대생(n=10)	P-values
오전	0.72±0.58	1.63±1.25*	.032
오후	1.03±0.62	1.54±0.85	.456
저녁	1.18±0.80	1.07±0.58	.372

Values are Mean±SD, *p<0.05

고령여성과 일반여자대학생의 오후 시간대와 저녁 시간대 자전거 운동 후 탄수화물 산화량의 변화는 두 집단 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 오전 시간대 자전거 운동 후 고령여성이 0.72±0.58g/min으로 일반여자대학생 1.63±1.25g/min보다 약 0.91g/min(17.95%) 낮게 나타나 두 집단 간 유의한 차이(P<0.05)를 보였다.

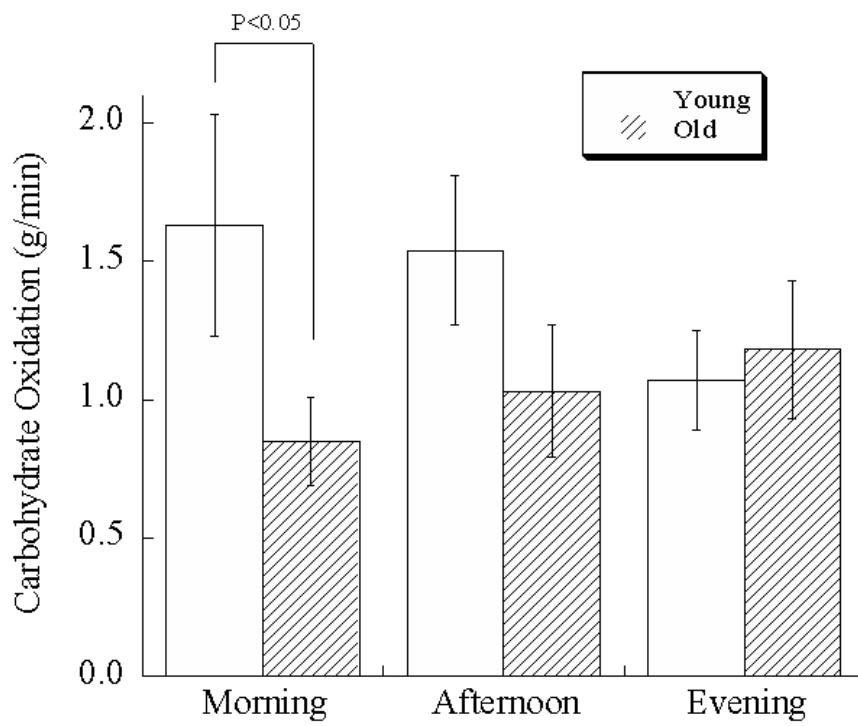


Fig10. Circadian variation of Carbohydrate Oxidation after 20min exercise

5. 20분간 자전거 운동 후 지방 산화량 비교 결과

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 20분간 자전거 운동 후 지방 산화량의 변화 비교 결과는 <Table 8> 에서 보는 바와 같다.

Table 8. Circadian variation of Fat Oxidation (g/min)

구분	고령여성(n=10)	일반여대생(n=10)	P-values
오전	0.13±0.32	0.14±0.66	.246
오후	0.02±0.36	0.10±0.37	.352
저녁	0.08±0.36	0.14±0.29	.312

Values are Mean±SD, *p<0.05

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 자전거 운동 후 지방 산화량의 변화는 두 집단 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 고령여성에 있어서 오후 시간대(0.02±0.36g/min)와 저녁 시간대(0.08±0.36g/min)의 자전거 운동 후 지방 산화량보다는 아침 시간대(0.13±0.32g/min)의 자전거 운동 후 지방 산화량이 많은 경향을 보였다.

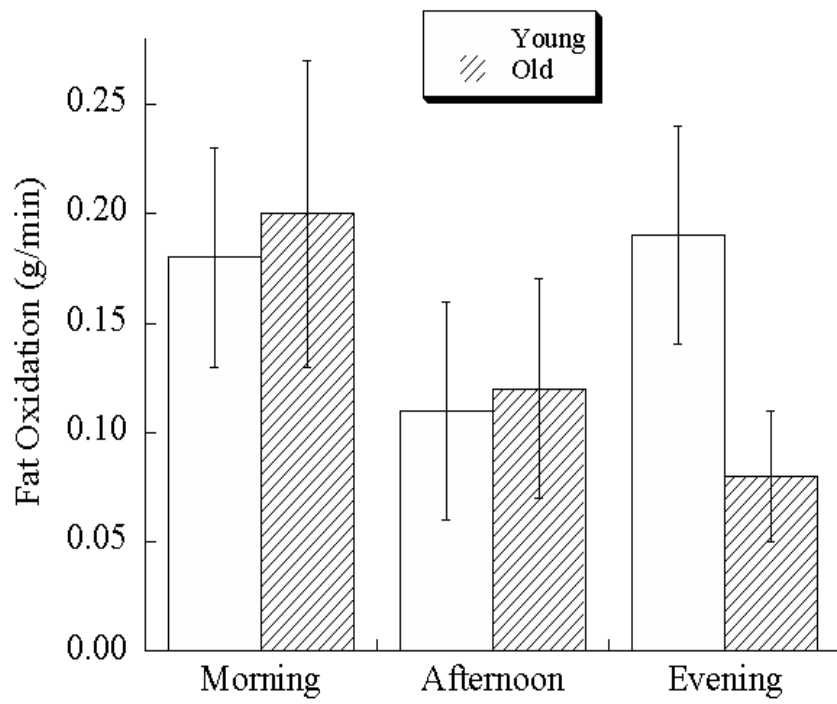


Fig 11. Circadian variation of Fat Oxidation after 20 min exercise

6. 20분간 자전거 운동 후 혈당 변화량 비교 결과

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 20분간 자전거 운동 후 혈당 변화량의 비교 결과는 <Table 9> 에서 보는 바와 같다.

Table 9. Circadian variation of Glucose (mg/dl)

구분	고령여성(n=10)	일반여대생(n=10)	P-values
오전	17.4±0.3	16.1±0.7	.146
오후	27.3±0.4	24.2±0.4	.237
저녁	20.9±0.4	29.1±0.3	.332

Values are Mean±SD, *p<0.05

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 자전거 운동 후 혈당 변화량은 두 집단 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 고령여성에서 오전 시간대(17.4±0.3mg/dl), 오후 시간대(27.3±0.4mg/dl)에 비해 저녁 시간대(20.9±0.4mg/dl) 자전거 운동 후 높은 혈당 변화를 보였으며, 일반여자대학생에서도 오전 시간대(16.1±0.7mg/dl), 오후 시간대(24.2±0.4mg/dl)에 비해 저녁 시간대(29.1±0.3mg/dl) 자전거 운동 후 혈당 변화량이 많은 경향이 나타났다.

또한 저녁 시간대 자전거 운동 후 두 집단 간 혈당 변화량은 고령여성이 20.9±0.4mg/dl으로 일반여자대학생 29.1±0.3mg/dl보다 약8.2mg/dl(28.1%)로 낮은 경향을 나타냈으나, 두 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

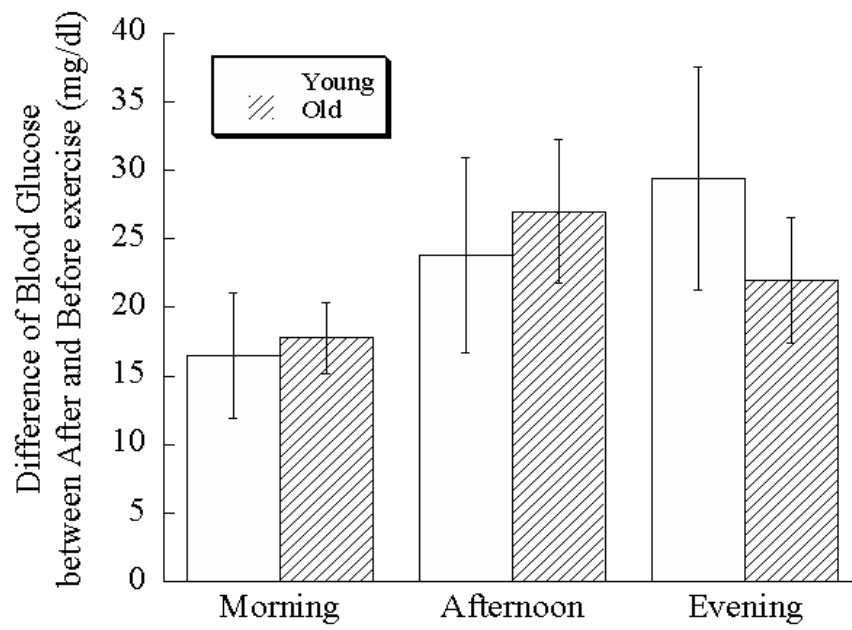


Fig 12. Circadian variation of Glucose after 20 min exercise

7. 20분간 자전거 운동 후 젖산 변화량 비교 결과

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 20분간 자전거 운동 후 젖산 변화량의 비교 결과는 <Table 10> 에서 보는 바와 같다.

Table 10. Circadian variation of Lactate (mmol/l)

구분	고령여성(n=10)	일반여대생(n=10)	P-values
오전	1.1±0.6	1.4±1.3	.371
오후	1.1±0.6	1.6±0.9	.412
저녁	1.1±0.8	2.2±0.6	.291

Values are Mean±SD

고령여성과 일반여자대학생의 생체리듬에 따른 자전거 운동 후 젖산 변화량은 두 집단 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 일반여자대학생의 경우 오전 시간대(1.4±1.3mmol/l), 오후 시간대(1.6±0.9mmol/l)에 비해 저녁 시간대(**2.2±0.6mmol/l**) 자전거 운동 후 젖산의 축적이 많아지는 경향을 나타냈다.

또한 저녁 시간대 자전거 운동 후 두 집단사회의 젖산 변화량은 고령여성이 1.1±0.8mmol/l으로 일반여자대학생 **2.2±0.6mmol/l**보다 약 1.1mmol/l(48.8%)로 낮게 나타났으나 두 집단 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다.

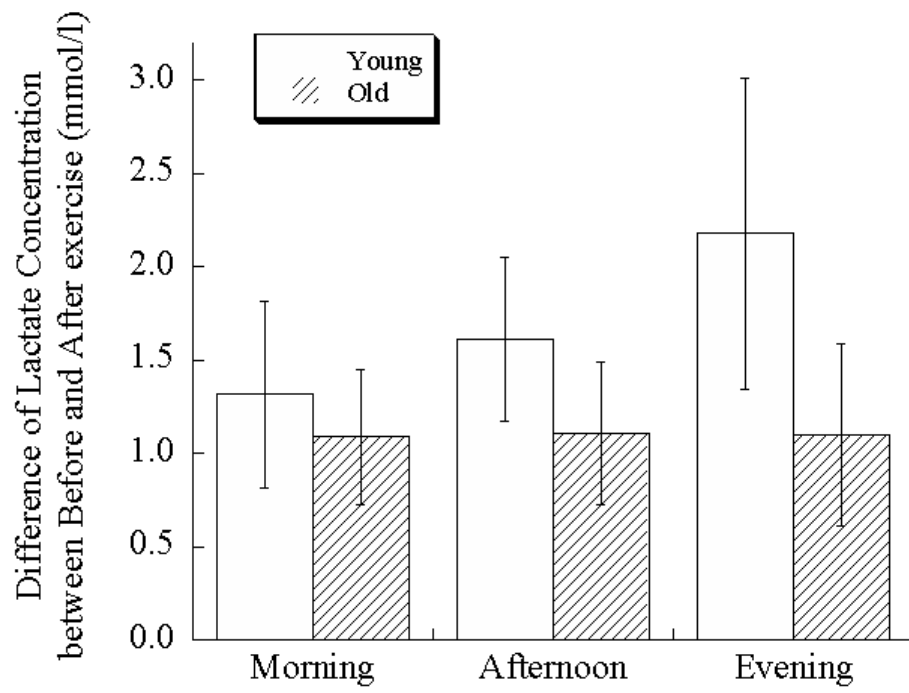


Fig 13. Circadian variation of Lactate after 20 min exercise

8. 20분간 자전거 운동 후 혈당과 젖산의 상관관계 비교 결과

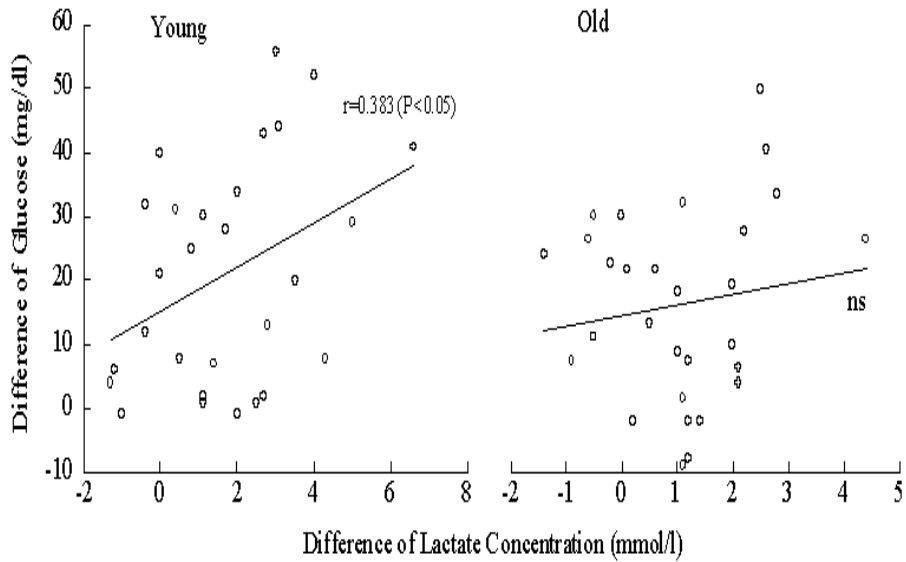


Fig 14. Difference of Glucose and Lactate Concentration after 20 min exercise

운동 중의 혈당 변화량과 젖산 변화량 사이에서 상관관계를 검토한 결과, 고령여성에서는 두 변화량 사이의 상관관계는 확인되지 않았지만, 일반여자 대학생에서는 정적 상관관계가 인정되었다($r = 0.838, P<0.05$).

V. 고찰

일반적으로 안정 시 심박수는 노화가 진행됨에 따라 약간의 감소 또는 변화가 없는 것으로 알려져 있지만(Rodeheffer et al., 1984), 최대 강도의 운동으로 만들어 낼 수 있는 최대심박수는 감소되는 것으로 알려졌다(G.A.Brooks et al., 2000).

이것은 심박수에 가장 크게 영향을 미치는 요인이라 할 수 있는 자율신경계의 활동성의 노화현상과 관계가 있다. 즉 노화는 운동 중 교감신경계의 활동성 감소와 더불어 상대적인 부교감신경계의 증가가 이루어져서 동방결절로의 자극을 감소시킨다. 이 결과 운동에 대한 심박수 반응은 노화기에 접어든 상태에서는 감소되는 것으로 사료된다. 이와 일치하여 본 연구에서도 운동에 대한 심박수의 반응은 **circadian rhythm**과 관계없이 고령여성이 일반여자대학생보다 낮게 나타나는 것으로 확인되었다.

하루 중의 심박수의 변화에 대해서, 石田 등(1987)은 오전 7:30에서 8시 사이와 11:30에서 12시 사이에 교감신경의 활동정도를 반영하는 혈중 **norepinephrine**값이 안정 시 및 부하의 최종시점에서 유의차를 보이지 않았다는 보고가 있다. 따라서, 이들은 이른 아침에 운동을 할 때 심박수의 반응이 낮아지는 상태는 교감신경 흥분상태로는 설명하기 어렵고, 다음과 같은 2가지 가능성을 생각할 수 있다고 하였다. 즉, 그 하나는 부교감신경의 흥분이 이른 아침에 있어서 높은 상태를 유지하기 때문에, 교감신경의 활동을 안정 시 뿐만 아니라 운동 부하 시에도 억제하였을 가능성이며, 또 하나는 교감신경의 흥분을 심장에 전달하는 베타 수용기(beta-receptor)의 수가 이른 아침에 감소되었기 때문에 (β -receptor의 **circadian rhythm**) 심박수의 반응이 억제되었을 가능성이다. 따라서 이른 아침에 심박수의 반응이 낮아지는 것은 전자의 가능성, 즉 부교감신경이 새벽에 높은 수준을 유지함

으로 인하여 교감신경 활동에 의한 운동 부하시의 심박수의 증가가 억제될 받았을 가능성이 높다고 생각된다.

본 연구에서 운동 후 측정된 고령여성들의 수축기 및 확장기 혈압은 일반여자대학생보다 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 노화가 진행됨에 따라 수축기 및 확장기 혈압의 상승이 발견되지만 이것은 혈관의 기계적 또는 구조적인 변화에 따른 현상이라고 알려졌다. 즉 혈관의 수축 또는 확장 능력의 감소가 노화가 진행됨에 따라 혈압 상승으로 이어지는 것으로 믿어진다(Muller-Delp et al., 2002). 또한 선행연구에서 노화가 진행됨에 따라 약간의 혈압 상승에 발견되지만 이것은 근육으로의 혈류를 정상적으로 유지시키기 위해서 필요한 현상이라고 사료된다. 이러한 선행연구의 결과와 일치하여 본 연구에서도 고령여성에게서 높은 수축기 및 이완기혈압이 발견되었으며 혈압을 상승시켜 정상적인 혈류를 유지시키기 위하는 것으로 사료된다. 그러나 본 연구에서는 근육으로의 혈류가 측정되지 않았기 때문에 혈압 상승으로 인하여 근육으로의 정상적인 혈류를 유지시켰는지에 대한 판단을 할 수 없다.

강희성(1990)과 北村潔和(1986)에 의하면, SBP의 반응도 이른 아침에 다른 시간대보다 약간 낮은 경향을 나타내고, 운동 강도가 증가함에 따라 직선적으로 증가하는 경향을 보인다고 보고했다. Stig Sundberg(1987)은 정상 혈압을 나타내는 건강한 사람 9명을 대상으로 24시간 혈압을 측정한 결과 혈압에도 전형적인 **circadian pattern**이 존재한다고 하였다. 즉 수면 중에 수축기 혈압과 확장기 혈압이 낮은 상태를 유지하고 잠에서 깨어난 이른 아침에 급격히 증가하기 시작한다고 한다. 새벽 4시정도까지 낮은 상태를 유지하다가 그 이후 상승하기 시작하여 7시쯤에 일중 평균치에 달한다. 본 연구의 아침 시간대(9:00)는 아직도 혈압이 상승 중에 있는 시기에 해당됨으로, 수축기 혈압이 아침 시간대의 운동 후에 일반여자대학생 보다 고령여성 이 높은 경향을 보인 것은 Stig Sundberg(1987)의 연구 결과와 일치되는 건

해라고 볼 수 있다.

石田 등(1987)은 아침에 혈압이 낮은 경향을 보인 것은 말초혈관 저항에 대한 부교감신경 흥분의 영향이 하나의 요인으로 들 수 있다고 하였다. 혈압 상승은 하지운동시보다 상지운동시에 더 높고, 국부운동시보다 전신운동시가 더 높으며(MacDougall et al., 1985), 등척성 운동(isometric exercise)시에는 등장성 운동(isotonic exercise)시보다 더 높다고 한다(Voldemer, 1973; 高野成子 et al., 1986; 竹内正 et al., 1980). 따라서 본 연구에서는 20분간의 자전거 운동 후의 연령차에 따른 혈압의 유의한 증가는 자전거 운동에 따른 교감신경의 활성화와 말초혈관 저항의 원인이라고 사료된다. 또한, 협심증과 같은 심장질환이 조기운동시에 발작되는 빈도가 높고, 조기운동시 운동내성이 낮은 경우가 많다고 알려져 있다. Framingham Study(Willich et al., 1986)와 Muller et al.(1985; 1987)은 조기운동 중에 심장 이상으로 일어나는 돌연사(sudden death) 사고가 많다고 하였다. 그러나 石田 등(1987)은 관혈류예비능이 떨어진 허혈성 심질환 환자는 하루 중의 다른 시간대의 운동 시보다 조기운동이 유리하다고하여 통일된 결론은 얻어지지 않고 있다.

일반적으로 노화가 진행됨에 따라 에너지 소비량이 감소되는 것으로 알려졌다(Wilson et al., 2003). 이러한 현상의 주된 원인 중에 하나는 지방 이용이 감소하기 때문이며, 운동 중에도 이와 같은 현상이 나타나는 것으로 알려졌다. 이와는 달리 탄수화물의 산화는 노화가 진행됨에 따라서 증가하는 것으로 알려졌다. 이러한 생리학적 현상의 정확한 기전은 알려지지 않았지만, 노령 연령층에서 본질적인 근육 내의 지방산화의 결점이 있는 것으로 사료된다. 이러한 관점에서 운동과 관련된 지방산화 감소 역시 근육 내에서의 지방산화의 능력이 노령화가 진행됨에 따라 감소되는 것으로 사료된다(Sial et al., 1996). 이러한 선행 연구의 결과와 비슷하게 본 연구에서도 일반여자대학생과 비교했을 경우, 고령여성에게서 운동 후 오후 또는 저녁 시간대에만 국한되어 에너지 소비량의 감소가 발견되었다. 그러나 선행연구

와는 달리 본 연구에서는 지방의 산화는 고령여성과 일반여자대학생과는 차이가 없었으며 탄수화물의 산화는 일반여자대학생이 오전 시간대에만 높게 나타났을 뿐 다른 시간대에는 통계학적인 차이점이 발견되지 않았다.

노화가 진행될수록 낮은 유산소성 능력과 활동 근육의 에너지원으로써 근육 글리코겐의 의존도가 높아지고 반대로 지방의 의존도가 낮아지는 것은 일반적인 현상임으로, 당에 대한 의존도가 높은 고령자에게서 운동 중 높은 젖산의 축적이 예상될 수는 있다. 이러한 예상과 달리 본 연구에서는 고령여성과 일반여자대학생에게서 운동 후 혈당의 감소와 젖산의 증가가 발견되었지만, 혈당과 젖산의 변화량은 두 집단 간에 별 차이가 없었다. 이러한 현상은 나이에 관계없이 거의 동일한 수준에서 혈당을 운동 중에 사용했다는 것을 의미하며, 동일한 젖산의 변화량으로 미루어 두 집단 간에 운동으로 인한 피로도에는 별 차이가 없다는 것을 뜻한다.

VI. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 고령여성과 일반여자대학생의 운동 후 **circadian rhythm**에 의한 에너지대사 및 순환 반응의 변화를 확인하였다. 그 결과, 본 연구의 유의성 있는 발견은 다음과 같다.

(1) 운동 후 심박수와 혈압의 변화는 고령여성과 일반여자대학생과의 통계학적인 유의성이 발견되었다.

(2) 운동 후 에너지소비량은 오후 그리고 저녁 시간대에만 국한되어 일반여자대학생이 고령여성보다 높게 나타났다.

(3) 일반여자대학생이 고령여성보다 운동 후 탄수화물을 오전 시간대에만 산화를 높게 시키는 것으로 나타났다.

(4) 지방 산화 및 혈중 젖산과 당의 농도는 운동 후 일반여자대학생과 고령여성 사이에서 **circadian rhythm**과 관계없이 통계학적인 차이점이 발견되지 않았다.

상기와 같은 결과를 정리하여 결론을 내리면, 다음과 같은 내용을 시사한다.

circadian rhythm(아침, 점심, 저녁)에 따른 고령자의 운동에 대한 효과는 나타나지 않았지만, 두 집단 간에 있어서 중정도의 운동 강도 ($40\%Watt_{max}$)를 이용한 20분간의 자전거 운동은 각각의 시간대 안에서 심혈관계 (심박수, 혈압) 및 에너지소비량, 탄수화물 산화량에 영향을 주는 것이 시사되었다.

운동 전·후 혈당치의 차이는 아침 시간대가 가장 낮고, 시간에 경과함에 따라 큰 차이를 나타내고 있는 것으로 볼 때, 혈당의 이용 효율에는 일내변동의 영향이 있다.

따라서, 저녁 시간대에 운동하는 것이 효율적이며, 혈당을 이용하는 것이 가능하다는 것을 시사하고 있다.

2. 제언

향후의 연구에서는 다음과 같은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(1) 피험자의 인원수를 증가시킴으로써 보다 타당성 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

(2) 피험자의 운동 강도 및 운동 시간의 조절 등 다양한 실험으로 분석이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 강희성, 이양근, 이권재, 김선호, 강길동 (1990). 생체리듬이 운동시 심장의 부담도에 미치는 영향 : 조조운동과 오후운동 중의 혈액동력학을 중심으로. 한국체육학회지, 29(2): 305-316
- 강희성 (1990). 운동처방을 위한 운동강도의 새로운 지표로서의 Double Product 활용. 제1회 운동과학 세미나, 50-53.
- 김정기 (1998). Circadian Rhythm과 심리적 적응. Korean Journal of Health Psychology, 3(1): 129-140.
- 보건복지부 (2001). 노인보건복지 국고보조사업 안내.
- 통계청 (2001). 인구분포조사.
- Alberti KGMM, Dornhorst A, and Rowe AS (1975). Israel J. Med. Sci., 11: 571-580.
- Alekel L, Clasey JL, Fehling PC, Weigel RM, Boileau RA, Erdman JW, Stillman R.(1995).Contributions of exercise, body composition, and age to bone mineral density in premenopausal women. Med. Sci. Sports Exerc., Nov; 27(11): 1477-85.
- American College Sports Medicine (1995). Physical fitness testing. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 5th edition, Lippincott Williams & Wilkins: Media, PA.
- Asplin CM, Hartog M, Goldie DJ, Alberti KG, Binder C, Faber OK. (1979). Diurnal profiles of serum insulin, C-peptide and blood intermediary metabolites in insulin treated diabetics, their relationship to the control of diabetes and the role of endogenous insulin secretion. Q. J. Med., Apr; 48(190):

343-60.

- Bassey, E. J., Bendall, M. J., and Pearson, M. (1988).** Muscle strength in the triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and women over 76 years of age. *Clinical Science(London)*, 74(1): 85–89.
- Berger. M., & Merchtold, P. (1982).** Physical training as part of the therapy for adult onset diabetes. *Annals of clinical Research*. 14(Suppl. 34), 69-73.
- Blair, S. N., Kohl III, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., and Gibbons, L. W. (1989).** Physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy men and women. *Journal of the American Medical Association*, 3; 262(17): 2395-2401.
- Bolli GB, and Gerich JE (1984a).** *N. Engl. J.Med.*, 340: 746-750.
- Bolli GB, DeFeo P, DeCosmo P, Perriello G, Ventura MM, Calcinaro F, Lolli C, Campbell P, Brunetti P, and Gerich JE (1984b).** *Diabetes*, 33: 1150-1153
- Borg G (1973).** Perceived Exertion: a note on "history" and methods. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 5, 90-93.
- Bouchard, C., Trenblay, A., and Nadeau, A. (1990).** Long term exercise training with constant energy intake. 1: Effect on body composition and selected metabolic variables. *International Journal of Obesity*, 14(1): 57–73.
- Buskirk, E. R. (1985).** Health maintenance and longevity, *Exercise In., Finch. C. E. and Schneider, E. L. The Biology of aging* New York : Van Nostrand, Rein hold. 894-931.

- Buskirk ER, Hodgson JL (1987). **Age and aerobic power: the rate of change in men and women.** Fed Proc. Apr;46(5): 1824-9.
- Chick, T.W., Cagle, T.G., Vegas, F.A., Poliner, J.K., & Murata, G.H.(1991). **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, 46, B34-B38
- Clarke HH (1977). **Exercise and aging, president's council on physical fitness and sports.** Physical Fitness Research Digest, 7(1): 369-376.
- DeFeo P, Perriello G, and Bolli GB (1988). **Diabetes/Metabolism Rev.**, 4: 31-49.
- Dehn M. M. and Bruce R. A.(1972). **Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity.** Journal of Applied Physiology, 33(6): 805-807.
- Dempsey. J. and Seals. D.(1995). **Aging, exercise, and cardiopulmonary function. in: Exercise in older adults,(ed.) Lamb D. R., Gisolfi C. V., Nadel E., Carmen I. L., coorer publidhing group.** 237-304.
- Ferketi ch, A. K., Kirby, T. E., and Alway, S. E. (1998). **Cardiovascular and muscular adaptations to combined endurance and strength training in elderly women.** Acta Physiologica Scandinavica, 164(3): 259-267.
- Frayn KN (1983). **Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange.** J. Appl. Physiol. Aug; 55(2): 628-34.
- G. A. Brooks, T. D. Fahey and T. P. White. (2000). **Exercise Physiology (2nd Edition) : Human Bioenergetics and its Applications,** Mayfield Publishing Company.
- Gerstenblith G, Lakatta EG, and Weisfeld ML (1976). **Age changes in**

myocardial function and exercise response *Prog. Cardiovascular Diseases*, 19(1): 1-21.

Grimby, G. and Saltin, B. (1983). Mini review: the aging muscle. *Clinical Physiology*, 3(3): 209-218.

Heath G. W., Hagberg J. M., Ehsani A. A., and Holloszy J. O. (1981). A physiological comparison of young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, 51(3): 634-640.

Hickson, R. C., Rosenkoetter, M. A. and Brown, M. M.(1980). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(5): 336-339.

Holloszy, J. and Kohrt, W. (1995). Exercise. In: *Handbook of physiology: Aging*. Bethesda, MD: American Physiology Society, 11, chapt. 24: 633-666.

Jette, A. M. and Branch, L. G. (1981). The Gramingham disability study: II. physical disability among the aging. *American Journal of Public Health*, 71(11): 1211-1216.

Karlsson, J. (1985). Metabolic adaptations to exercise: A review of potential beta-adrenoceptor antagonist effects. *American Journal of Cardiology*, 55, 48D-58D.

Kasch, F., Boyer, J., Van Camp, S., Verity, L., and Wallace, J. P. (1993). Effect of exercise on cardiovascular ageing. *Age and Aging*, 22(1): 5-10.

Klag, M.J., Whelton, P.K., & Appel, L.J. (1990). Effect of age on the efficacy of blood pressure treatment strategies. *Hypertension*, 26: 700-705.

Lakatta, E.G. (1986). diminished beta-adrenergic modulation of

cardiovascular function with aging. *European Heart Journal*, 11(Suppl. C): 22-29.

Lee Jae Moon, Choi Seung Wook, Kim Tea Young and Masahiro Yamasaki (2004). **Effect of aerobic and resistance on the health-related physical fitness and serum lipids in elderly women.** Reprinted from *Japanese Journal of Adapted Sport Science*, 2(1): 45-52.

Lohman, T. G., Roche, A. F., and Martorell, R. (1992). **Anthropometric standardization reference manual.** Human Kinetics Books: Champaign, IL.

Lund-Johnsen, P. (1988). **The hemodynamics of the aging cardiovascular system.** *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 12(Suppl. 8): S20-S32.

MacDougall, J.D. et al. (1985). **Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise.** *J. Appl. Physiol.*, 58: 785-790.

Montain, S.J., Jilka, S.M., Ehsani, A.A., & Hagberg, J.M. (1988). **Altered hemodynamics during exercise in order essential hypertensive subjects.** *Hypertension*, 12, 479-484.

Montoye, H.J., Metzner, H.L. Keller, J.B., Johnson, B.C., & Epstein, F.H.(1973). **Habitual physical activity and blood pressure.** *Medicine and Science in Sports*, 4, 175-181.

Muller, J.E. et al. (1985). **Circadian variation in the frequency of onset of acute myocardial infarction.** *N. Engl. J. Med.*, 313: 1315-1322.

Muller, J.E. et al. (1987). **Circadian variation in the frequency of sudden death.** *Circulation*, 75: 131-138.

Muller-Delp. Judy. et al. (2002). **Effect of aging on vasoconstrictor and**

- mechanical properties of rat skeletal muscle arterioles. *Am. J. Physiol. Heart Circ Physiol*, 282: H1843-H1854.
- Perman PE. and Adams W (1989). Physiologic changes as patients get order. *Postgraduate Medicine*, 85(2): 213-214.
- Peronnet F, Massicotte D (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Can J Sport Sci.*, Mar; 16(1): 23-9.
- Reaven. P.D., Barrett-Connor, E., & Edelstein, S. (1991). Relation between leisure-time physical activity and blood pressure in older women. *Circulation*. 83, 559-565.
- Rodeheffer RJ, Gerstenblith G, Becker LC, Fleg JL, Weisfeldt ML, and Lakatta EG. (1984). Exercise cardiac output is maintained with advancing age in healthy human subjects : cardiac dilatation and increased stroke volume compensate for diminished heart rate. *Circulation* 69: 203-213.
- Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Rosenblatt J, Wolfe RR. (2000). Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J. Appl Physiol.* May;88(5): 1707-14.
- Saltin, B. (1999). 最大酸素攝取量の横断的研究 かみさと *Training Journal*. : 66-69
- Schwartz, R. S., Shuman, W. P., Larson, V., Cain, C. K., Fellingham, G. W., Beard, J. C., Kahn, S. E., Stratton, J. R., Cerqueira, M. D., and Abrass, L. B. (1991). The effect of intensive endurance exercise training on body fat distribution in young and older men. *Metabolism*, 41(6): 649-654.
- Seidell, J. C., Bjorntorp, P., Sjostrom, L., Sannerstedt, R., Krotkiewski, M.,

- and Kvist, H. (1989). **Regional distribution of muscle and fat mass in men-new insight into the risk of abdominal obesity using computed tomography.** *International Journal of Obesity*, 13(3): 289-303.
- Shephard R.J. (1982). **Training and the respiratory system--therapy for asthma and other obstructive lung diseases** *Ann Clin Res.* ;14 Suppl. 34: 86-96.
- Shephard, R.J. (1987). **Physical activity and aging.** Rockville, MD: Aspen Publishers.
- Shinokata, H., Tobin, J. D., Muller, D. C., Elahi, D., Coon, P. J., and Andres, R. (1989). **Studies in the distribution of body fat. I. Effects of age, sex and obesity.** *Journal of Gerontology*, 44(2): M66-M73.
- S. Sial, A.R. Coggan, R. Carroll, J. Goodwin and S. Klein. (1996). **Fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly and young subjects.** *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 271: E983-E989.
- Stig Sundberg Noninvasive. (1987). **autonomic ambulatory blood pressure monitoring in normotensive subjects.** *Eur. J. Physiol.*, 56: 381-383.
- Tanaka, K., Nho, H., Takeda, M., Unno, H. and Hiyama, T (1998). **Effects of exercise conditioning on blood pressure and vital age in female patients with essential hypertension.** *Japanese Journal of hypertension. Eur. J. Appl. Physil. m.*, 78: 1-6.
- 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, 35-40.

- Vokonas PS, Kannel WB, Cupples LA. (1988). Epidemiology and risk of hypertension in the elderly: the Framingham Study. J. Hypertens Suppl. Nov; 6(1): S3-9.
- Voldemer, A.V. et al. (1973). A comparison between the effects of dynamic and isometric exercise as evaluated by the systolic time intervals in normal man. Am. Heart J., 85: 227-236.
- Wasserman, K., B. J. Whipp, S. N. Koyal and W. L. Beaver. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J. Appl. Physiol., 35: 236-243.
- Wei, J. Y. (1992). Age and the cardiovascular system. New England Journal of Medicine, 10; 327(24): 1735–1739.
- Willich, S. et al. (1986). Circadian frequency distribution of sudden cardiac death : the Framingham Study, Circulation, 74(suppl II) : II-268.
- Wilson, Margaret-Mary G., and John E. Morley. (2003). Physiology of Aging Invited Review : Aging and energy balance. J. Appl. Physiol., 95: 1728-1736.
- Young, A. (1986). Exercise physiology in geriatric practice. Acta Medica Scandinavica Suppl, 711: 227-232.
- Zoller DP (1987). The physiology of aging. American Family Physician, 36(1): 112-116.
- 葛谷 (1985). 診断と治療. 73: 1635-1647.
- 北村潔和 (1986). 自転車エルゴメータ運動中の血圧及び心拍数の反応. 體育の科學, 36: 40-44.

高野成子 等 (1986). 重量挙げ競技者のバーベル運動に行う心血管反応. 體力科學, 35: 255-263.

竹内正, 東健彦 (1980). Pump系 循環. 文光堂, pp.31-66.

石田 等. (1987). 生体リズムと運動効果に関する研究：早朝運動の効果とリ
スクについて. 體力研究, 65: 1-7.

ABSTRACT

**The Effect of Circadian Rhythm on Post-Exercise
Energy Metabolism and Circulatory Response
: the Comparison between Old Aged and College Women.**

Lee So-Eun

Dept. of Physical Education

Graduate School

SungShin Women's University

The main purpose of the study was to evaluate circadian rhythm-associated circulatory and metabolic response to 20 min cycling exercise at 40% $Watt_{max}$. Ten old women (65.5 yr \pm 3.0) and young college women (21.5 yr \pm 1.0) were selected, and heart rate (HR), blood pressure (BP), energy expenditure (EE), oxidation of carbohydrate and fat, and blood glucose and lactate levels were measured at different times of a day. As a result, regardless of measurement times of an experimental day, HR and BP in young women immediately after 20 min exercise were significantly higher and lower, respectively, than those of old women. Despite no significant difference in EE measured at morning time, higher EE was shown in young women when measured at afternoon and evening, as compared to that of old women. On the other hand, there is no statistical difference in oxidation of carbohydrate and fat, and blood glucose and lactate levels between the two groups. We conclude that immediately after 20 min exercise, old women and young college women showed a different circulatory response regardless

of circadian rhythm, whereas the 20 min cycling exercise does not appear to affect metabolic response in the two groups.