



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



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

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

[Disclaimer](#)

박사학위논문

복합운동 프로그램 유형이 건강관련체력,  
에너지 기질 및 대사관련 호르몬에  
미치는 영향

지도교수 김 영 표

제주대학교 대학원

체육학과

고 영 찬

2011년 8월

복합운동 프로그램 유형이 건강관련체력,  
에너지 기질 및 대사관련 호르몬에  
미치는 영향

지도교수 김 영 표

고 영 찬

이 논문을 체육학 박사학위 논문으로 제출함

2011년 8월

고영찬의 체육학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장 이 창 준 (인)

위 원 류 재 청 (인)

위 원 제 갈 윤 석 (인)

위 원 지 용 석 (인)

위 원 김 영 표 (인)

# 제주대학교 대학원

## 목 차

List of Tables.....	III
List of Figures.....	V
<b>I. 서 론.....</b>	<b>1</b>
1. 연구의 필요성.....	1
2. 연구의 목적.....	6
3. 연구의 가설.....	6
4. 연구의 제한점.....	6
5. 용어의 정의.....	7
<b>II. 이론적 배경.....</b>	<b>9</b>
1. 저항운동.....	9
2. 유산소운동.....	10
3. 건강관련체력.....	11
4. 운동과 에너지 기질.....	12
1) 운동과 글루코스.....	12
2) 운동과 유리지방산.....	14
3) 운동과 젖산.....	14
5. 운동과 대사관련 호르몬.....	15
1) 운동과 인슐린.....	15
2) 운동과 테스토스테론.....	16
3) 운동과 성장호르몬.....	17
4) 에피네프린과 노르에피네프린.....	18
<b>III. 연구 방법.....</b>	<b>20</b>
1. 연구 대상.....	20
2. 연구 절차.....	20
3. 측정항목 및 방법.....	22

4. 운동 프로그램.....	25
5. 자료 처리.....	27
<b>IV. 연구 결과.....</b>	<b>28</b>
1. 건강관련 체력의 변화.....	28
2. 에너지 기질의 변화.....	43
3. 대사관련 호르몬의 변화.....	49
<b>V. 논의.....</b>	<b>58</b>
1. 건강관련체력의 차이와 변화.....	58
2. 에너지 기질의 차이와 변화.....	62
3. 대사관련 호르몬의 차이와 변화.....	64
<b>VI. 결론.....</b>	<b>69</b>
참고문헌.....	71
ABSTRACT.....	87

## List of Tables

Table 1. Physical characteristics of subjects.....	20
Table 2. aerobic exercise after resistance exercise program.....	26
Table 3. resistance exercise after aerobic exercise program.....	27
Table 4. Changes and differences of health related physical fitness factors among groups after 12 weeks.....	28
Table 5. The results of repeated measure ANOVA for body weight.....	29
Table 6. Comparison of body weight change among groups.....	29
Table 7. The results of repeated measure ANOVA for %body fat.....	30
Table 8. Comparison of %body fat change among groups.....	31
Table 9. The results of repeated measure ANOVA for LBM.....	32
Table 10. Comparison of LBM change among groups.....	32
Table 11. The results of repeated measure ANOVA for sit and reach.....	34
Table 12. Comparison of sit and reach change among groups.....	34
Table 13. The results of repeated measure ANOVA for bent knee sti-up.....	35
Table 14. Comparison of grip strength change among groups.....	36
Table 15. The results of repeated measure ANOVA for grip strength.....	37
Table 16. Comparison of grip strength change among groups.....	37
Table 17. The results of repeated measure ANOVA for back strength.....	38
Table 18. Comparison of back strength change among groups.....	39
Table 19. The results of repeated measure ANOVA for VO <sub>2</sub> max.....	40
Table 20. Comparison of VO <sub>2</sub> max change among groups.....	41
Table 21. The results of repeated measure ANOVA for AT.....	42
Table 22. Comparison of AT change among groups.....	42
Table 23. Changes and differences of energy substrates among groups after 12 weeks.....	43
Table 24. The results of repeated measure ANOVA for glucose.....	44
Table 25. Comparison of glucose change among groups.....	44

Table 26. The results of repeated measure ANOVA for FFA.....	46
Table 27. Comparison of FFA change among groups.....	46
Table 28. The results of repeated measure ANOVA for lactate acid.....	47
Table 29. Comparison of lactate acid change among groups.....	48
Table 30. Changes and differences of metabolic hormone among groups after 12 weeks.....	49
Table 31. The results of repeated measure ANOVA for insulin.....	50
Table 32. Comparison of insulin change among groups.....	50
Table 33. The results of repeated measure ANOVA for testosterone.....	51
Table 34. Comparison of testosterone change among groups.....	52
Table 35. The results of repeated measure ANOVA for Growth hormone.....	53
Table 36. Comparison of Growth hormone change among groups.....	53
Table 37. The results of repeated measure ANOVA for epinephrine.....	54
Table 38. Comparison of epinephrine change among groups.....	55
Table 39. The results of repeated measure ANOVA for norepinephrine.....	56
Table 40. Comparison of norepinephrine change among groups.....	57

## List of Figures

Figure 1. Experimental Design.....	21
Figure 2. Comparison of body weight change among groups.....	30
Figure 3. Comparison of %body fat change among groups.....	31
Figure 4. Comparison of LBM among change groups.....	33
Figure 5. Comparison of sit and reach change among groups.....	35
Figure 6. Comparison of bent knee sit-up change among groups.....	36
Figure 7. Comparison of grip strength change among groups.....	38
Figure 8. Comparison of back strength change among groups.....	39
Figure 9. Comparison of VO <sub>2</sub> max change among groups.....	41
Figure 10. Comparison of AT change among groups.....	43
Figure 11. Comparison of glucose change among groups.....	45
Figure 12. Comparison of FFA change among groups.....	47
Figure 13. Comparison of lactate acid change among groups.....	48
Figure 14. Comparison of insulin change among groups.....	51
Figure 15. Comparison of testosterone change among groups.....	52
Figure 16. Comparison of growth hormone change among groups.....	54
Figure 17. Comparison of epinephrine change among groups.....	55
Figure 18. Comparison of norepinephrine change among groups.....	57



# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

건강과 신체활동에 대한 중요성이 대두되면서 걷기, 달리기와 같은 유산소운동과 웨이트 트레이닝 같은 저항운동 등 여러 형태의 운동들이 실시되고 있다. 신체활동의 감소는 에너지 균형을 깨뜨려 당뇨병, 고혈압, 비만 등의 생활습관병을 유도한다. 비만은 여러 가지 질환과 신체 효율성을 떨어뜨려 문제를 일으키기 때문에 규칙적인 신체활동과 운동의 필요성이 중요한 관심사가 되고 있다(Leutholtz et al., 1995). 최근 비만은 대사증후군(Metabolic Syndrome)으로 분류되어 혈당, 중성지방, HDL-C, LDL-C, 복부비만 등의 주요 지표이며, 관상동맥 질환에 대한 위험요인으로 분류되어 있다(Defronzo et al., 1991). 운동은 건강증진을 위한 효과적인 방법이지만 운동강도와 방법에 따라 여러 가지 효과가 나타난다. 적절한 운동은 체력향상과 각종 질병의 예방과 치료에 긍정적이지만, 부적절하거나 과도한 운동은 스트레스와 부상을 유발시킨다(Bank et al., 1994). 운동은 에너지를 필요로 하며 혈중 글루코스(glucose)는 낮은 운동강도에서 생성이 증가된다. 운동이 지속되면 혈중 글루코스는 유지되며 근육 글루코스는 낮아지게 되는데 혈중 글루코스가 유지되면 당원 분해율이 낮아도 다른 글루코스가 혈중 글루코스를 높여주어 운동 후반기에 고강도 운동을 할 수 있게 된다(Slantz et al., 1990). 또한 운동은 부신의 활성을 증가시켜 결과적으로 교감아드레날린성계 호르몬인 에피네프린(epinephrine)과 노르에피네프린(norepinephrine)을 증가시킨다(고영찬 등, 2009). 혈장 카테콜라민(catecholamine) 농도의 증가는 최대산소섭취량( $VO_{2max}$ )의 50% 이후 운동강도에 비례하여 증가하며(Gabriel et al., 1992), 에피네프린은  $VO_{2max}$ 의 75%까지는 서서히 증가하다가 그 이상의 운동강도에서 급격히 증가한다(Mackinnon, 1994). 이처럼 혈중 에피네프린과 노르에피네프린 농도는 운동강도에 따라 비례적으로 증가하며, 분비정도가 다르게 나타난다(김영표 등, 2000; 박성태, 2004; Farrell et al., 1987; McMurry et al., 1987; Trapp, 2007). 에피네프린과 노르에피네프린은 운동강도, 운동시간, 환경, 온도 변화에 의해 분비량이 달라지며, 심박수, 심장 수축력 증가, 간과 근육의 글리코겐(glycogen)의 합성을 촉진하고 혈중으로 글루코스와 지방산을 방출하는 기능을 수행하는 등 생리적 조절에 중요한 역할을 하며, 강한 지질 분해 호르몬으로써 작용

하여 운동수행능력을 증가시킨다(백일영, 2006). 지방분해 자극은 에피네프린과 글루카곤 분비 증가 그리고 다른 여러 가지 호르몬에 의해 영향을 받아 일어나게 된다. 분비된 인슐린(insulin)은 지방분해 작용의 저해, 간 글루코스 방출의 저해, 에너지의 세포섭취, 지방산화 저해 등이 나타나는데, 인슐린 농도가 일정 수준 이하로 낮아지면 지방분해 작용은 강력하고 기하급수적으로 자극된다(Campbell et al., 1992; Coppack et al., 1994).

운동은 에너지 대사 과정을 통해서 유산소운동(aerobic exercise)과 무산소운동(anaerobic exercise)로 구분 할 수 있다. 체중 조절이나 대사성 질환을 예방하기 위한 운동방법으로 유산소성 운동에 의존하는 경향을 보인다(Lopez, 1974; Williford et al., 1988). 유산소운동은 지방을 에너지원으로 사용하여 최소 30분 이상의 일정 시간 동안 신체활동을 지속함으로써 섭취한 산소가 지방의 산화에 개입하여, 운동에 필요한 에너지를 공급하게 된다(Lew, 1985; Willmore, 1983). 이러한 유산소 운동은 체지방의 감소 및 지방 대사 개선에 효과가 있고, 수축기 혈압의 감소, 최대산소섭취량( $VO_2max$ ) 및 심박출량의 증가 등 체중조절과 심혈관계에 긍정적인 효과가 있다(American College of Sports Medicine, 2006). 또한 유산소운동은 혈중지질, 호르몬 등에 긍정적인 영향을 미치며(임완기 등, 2005), 장기간 실시하면 총콜레스테롤, 중성지방, 저밀도 지단백 콜레스테롤이 감소하고 고밀도 지단백 콜레스테롤은 증가하며(윤형웅, 1993), 우울증을 경감시키는데 효과적이다(North et al., 1990). 유산소운동은 건강 및 체력을 향상시키고 콜레스테롤, 고혈압, 비만 등 몇 가지 위험요인을 동시에 개선시키는 장점이 있어 건강증진을 위해 권장되고 있는 운동 형태이며, 그 중 걷기, 달리기는 가장 대표적인 운동이다(ACSM, 2006). 하지만 유산소운동은 골밀도 및 근육량은 오히려 감소 될 수 있는 단점이 있어 체중증가 및 근골격계 발달에는 도움이 되지 않는 운동의 형태가 될 수 있다(Hamdy et al., 1994; Shawn, 2004).

무산소운동은 짧은 시간 고강도 운동의 형태로 근 글리코겐과 같은 당원질의 분해에 의해 주 에너지원이 공급된다. 대표적인 운동으로 웨이트트레이닝(weight training)이나 단거리 달리기 등이 있으며, 헬스클럽과 같은 현장에서 가장 많이 실시되는 저항운동은 근육에 강한 자극을 줌으로써 근비대 및 근력의 강화, 신경계의 활성화 등과 같이 근기능 향상에 효과가 있고(Vuori, 1995), 근육량의 증가로 인해 체지방량과 체중증가의 효과가 나타난다(Kraemer et al., 1990). 그리고 저항성 운동

은 유산소운동에 비해 상대적으로 비만관련 요인에 미치는 영향은 적지만 하루 중 소비되는 에너지의 70~80%에 해당하는 기초대사량이 저항성 운동을 통해서 증가될 수 있고, 체지방을 증가시킬 수 있다는 점에서 체중조절의 효과적인 방법이라고 할 수 있다(Ballor et al., 1988). 그러나 주 에너지원으로 근 글리코겐이 사용되기 때문에 유산소운동보다는 체지방 및 체중감소 효과는 낮게 나타난다(Singh et al., 1999). 그리고 이러한 저항성 운동은 근 수축 과정에서 급격한 혈압 상승이 유발되기 때문에 고혈압 증상이 있거나, 심혈관계 질환이 있는 대상자에게는 적합하지 않는 운동형태가 될 수 있다(Stone et al., 1991). 고강도의 무산소성 운동은 무산소적 대사물질의 화학적 변화에 의해서만 수행될 수 있으므로 지방을 연소시키기 어려울 것으로 생각 할 수 있지만, 운동 후 체온의 열관련 효과와 관련하여 미토콘드리아가 산소소비량을 증가시키고, 카테콜라민 등의 호르몬이 지방산 대사에 대한 중성지방의 순환률을 높이는 등 대사 기질에 작용하거나 이온 펌프활동을 증대시킴으로써 운동 후 초과산소소비량이 증가된다고 보고되고 있다(나성민, 2002).

운동에 의한 호르몬의 변화는 운동유형과, 운동강도, 운동빈도, 운동시간에 따라 다양하게 변화되는데, 비만 청소년을 대상으로 저항운동을 병행한 유산소운동의 수행은 체지방률과 인슐린의 저항성을 낮추고 성장호르몬을 증가시켜 비만을 억제하고 성장을 촉진하는 것으로 나타났다(문희원 등, 2006). 그리고 여대생을 대상으로 낮은 강도의 유산소성 운동을 장기간에 걸쳐 실시한 결과 성장호르몬, 코티졸이 증가 하였다고 보고하였다(나재철 등, 1995). 또한 유산소운동과 저항운동은 성장호르몬과 인슐린에 긍정적인 영향을 미친다고 하였고(유병강, 2005), 유산소운동과 저항성운동의 병행은 성장호르몬의 증가와 인슐린의 감소를 나타냈다고 보고하였다(김선호, 2001). 성인 남성을 대상으로 저항성운동 프로그램을 실시한 결과 일시적으로 성장호르몬의 증가를 보였다고 보고하였고(McMilan et al., 1989), 이러한 호르몬의 증가는 근비대의 발생과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(MacDougall et al., 1977; Staron et al., 1984). 그러나 남자고등학생을 대상으로 고강도의 저항성운동을 실시한 결과 운동직후 테스토스테론의 수준이 증가하지 않은 것으로 나타났는데(Fahey et al., 1976; Hakkinen et al., 1987; Hetrick et al., 1979), 이는 피험자의 연령, 성별에 따라 다른 결과를 나타나게 된다고 하였다.

최근에는 이러한 두 가지 형태의 운동 단점에 대한 상호 보완적 방법으로 저항성 운동과 유산소운동을 함께 실시하는 복합운동이 효과적이라는 연구결과가 보고되고

있다. 복합운동은 유산소운동에 의한 체지방의 감소와 심혈관계 질환의 개선 등의 효과 및 무산소운동에 의한 골밀도 강화와 근 신경계 발달의 효과가 가능하다(Goto et al., 2005). 또한 기초대사량의 증가로 안정 시 렙틴의 활성화 및 지방대사와 관련된 호르몬의 증가에 따른 체지방과 혈중지질 및 호르몬 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(최춘길, 2003).

신체구성은 체지방과 제지방으로 구성되는데 신체활동을 통해 체지방량을 줄이고, 제지방량을 늘려야 하며(김시영 등, 2009) 식이요법으로 인한 체중감량 시 근육량 감소와 기초대사량 감소를 막기 위해서 유산소운동과 무산소운동을 함께 병행하는 것이 이상적이라고 하였다(Patel et al., 2003).

복합운동에 대한 선행연구를 살펴보면 Dolezal(1998)은 복합운동으로 인해 기초대사량(BMI) 및 최대근력이 증가하고 체지방 감소 효과가 나타났다 하였고, Sigal(2007)은 제지방량 증가 및 체지방의 감소, 심폐지구력이 증가하는 등 단일종류의 운동보다 복합운동의 더 효과가 있음을 보고하였다. Glowacki 등(2004)은 복합운동은 근력의 발달을 가져왔고 체중과 제지방이 증가하였고 체지방은 감소하였지만 최대산소섭취량의 증가는 크게 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 또한 박상갑 등(2005)은 75세 이상 노인들에게 유연성 체조와 근육운동, 유산소운동, 요가 등의 복합적으로 구성된 운동프로그램을 적용한 결과 체중과 체지방량이 감소했고, 최대산소섭취량은 증가했다고 보고하였다. Johanna 등(2006)은 12주 동안 복합운동을 실시했을 때 체지방 감소가 나타났고, 유산소운동 후 저항 운동을 실시한 집단에서만 체중이 감소하고, 제지방량이 증가가 나타났다고 보고하였다. 그러나 이러한 복합운동의 실시 순서에 있어 어떤 운동을 먼저 실시하는 것이 더 효과적인가에 대한 연구가 필요하게 되었다.

복합운동의 순서와 관련된 선행연구를 살펴보면, McGarvey(2005)는 복합운동의 순서에 따라 초과산소섭취량(EPOC), 호흡교환율(RER), 심박수가 달라질 수 있음을 보고하였고, Micah(2005)는 유산소운동을 실시한 후 저항운동을 실시 할 경우 운동자각도 대비 초과산소 섭취량의 증가함을 보고하였다. 김규남(2006)은 유산소운동 후 저항운동을 실시하는 것이 총칼로리 소비량이 증가하여 에너지소비량에서 더 많은 소비가 되었음을 보고하였고, 김시영 등(2009)은 유산소운동 후에 저항운동을 수행하는 복합운동이 체중과 스트레스 호르몬의 변화 없이 체지방과 혈중 TG의 감소에 있어 보다 효과적인 방법이라 하였다. 반면 권종성 등(2009)은 무산소운동 실시

후 유산소운동을 실시하는 것이 체지방을 빠르게 감소시키면서 근육량을 늘릴 수 있다고 하였다.

여러 선행연구들은 복합운동유형에 따른 운동능력, 혈중지질, 신체구성에 관한 연구들이 대부분이고 건강관련체력이나 에너지 기질, 대사관련 호르몬에 대한 연구는 미흡한 편이다. 또한 운동의 순서와 순서 변화에 대한 효과를 정확히 명시하지 않아 일선 현장에서 맹목적으로 운동처방을 받는 경우도 많다. 본 연구는 신체 건강한 남자 대학생을 대상으로 12주간 저항운동과 유산소운동을 병행한 복합운동을 순서를 달리 실시하여 건강관련체력과 에너지 기질, 대사관련 호르몬에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하여 실제 현장에서 적용할 수 있는 효과적인 운동처방 프로그램을 제시하는데 목적이 있다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 신체 건강한 남자 대학생을 대상으로 에너지 소비형태가 다른 저항운동 후 유산소운동의 복합운동과 운동 순서를 바꾼 복합운동을 12주간 실시하여 건강관련체력과 에너지 기질, 대사관련 호르몬에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다. 또한 운동의 순서에 따른 복합운동의 효과를 확인하여 실제 현장에서 운동처방의 유용한 자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 3. 연구의 가설

본 연구의 목적을 위해 다음과 같은 가설을 설정 하였다.

- 1) 운동프로그램 유형에 따라서 집단 간 건강관련체력에 유의한 차이가 있을 것이다.
- 2) 운동프로그램 유형에 따라서 집단 간 에너지 기질에 유의한 차이가 있을 것이다.
- 3) 운동프로그램 기간에 따라서 집단 간 대사관련 호르몬에 유의한 차이가 있을 것이다.
- 4) 운동프로그램 기간에 따라서 집단 내 건강관련체력에 유의한 차이가 있을 것이다.
- 5) 운동프로그램 기간에 따라서 집단 내 에너지 기질에 유의한 차이가 있을 것이다.
- 6) 운동프로그램 기간에 따라서 집단 내 대사관련 호르몬에 유의한 차이가 있을 것이다.

## 4. 연구의 제한점

- 1) 본 연구의 대상자는 J시 소재 J대학교 남자 대학생으로 한정하였다.
- 2) 실험에 참여하는 동안 본 운동프로그램 이외에 실험에 영향을 미칠 수 있는 신체적 활동을 자제하도록 하였으며, 생활습관과 식이는 가능한 규칙적으로 실시하도록 하였다.

3) 운동 실험기간 동안 실험에 영향을 미치는 보약이나 기타 약제 복용은 금하도록 하였다.

## 5. 용어의 정의

### 1) 저항운동(Resistance exercise)

근육계를 발달시키는 구조적인 운동프로그램이며 특정한 부하의 저항을 줌으로써 단백질 합성을 촉진시켜 근육세포의 성장 및 근력과 근지구력을 향상 시키고 기초대사량을 증가시킨다. 본 연구에서는 30분간 9가지 종목의 웨이트 트레이닝(weight training)을 실시하였다.

### 2) 유산소운동(Aerobic exercise)

운동 중 섭취한 산소를 활동의 시초인 근수축에 필요한 에너지 생성에 이용하면서 오랜 시간동안 실시하는 운동을 의미하며, 호흡순환계에 적절한 자극을 주어 심폐기능을 강화시키고 각 조직에 충분한 혈액을 공급하기 위한 매우 유익한 운동형태이다. 본 연구에서는 30분간 트레드밀(treadmill) 달리기를 실시하였다.

### 3) 글루코스(Glucose)

포도당은 사람의 혈액 중에 약 0.1% 정도 있으며, 인체 세포내에서 사용되는 가장 기본적인 에너지원이 된다. 글루코스는 인체 모든 세포의 에너지원인 동시에 뇌·신경세포의 유일한 에너지원으로 중요하다.

### 4) 유리지방산(Free Fatty Acid: FFA)

지방이 가수분해되어 생기는 지방으로 혈장 가운데 알부민과 결합하여 존재하며, 당뇨병일때는 그 수치가 극단적으로 상승한다. 중성지방에서 글리세롤(Glycerol), 유리지방산으로 바뀌어 에너지로 사용되며 중성지방을 가수분해 한다.

### 5) 젖산(Lactate acid)

글루코스의 무산소성 대사 결과 생성되는 강산성 물질로서 체내 축적시 조직세포와 혈액을 산성화시키기 때문에 암모니아와 함께 운동피로를 발생시키는 원인물질이다. 해당과정시 포도당 대사의 마지막생성물로서 부적절한 산소공급 및 미토콘드리아가 거의 없는 근섬유 내에서 잘 생성된다.

#### 6) 인슐린(Insulin)

췌장의 랑게르한스 섬(Langerhans islet)의 베타세포에서 분비되는 호르몬이다. 혈중 포도당이나 아미노산 농도 증가에 반응하여 혈액내로 분비된다. 간에서 글리코겐 형성을 촉진시켜 혈당을 저하시키고, 아미노산의 흡수와 단백질, 지방의 합성을 촉진하며 지방분해를 억제한다.

#### 7) 테스토스테론(Testosterone)

콜레스테롤, 비타민D, 부신피질과 같은 스테로이드 물질로서 95%이상 고환의 개재 세포에서 분비된다. 운동으로 인한 근매스 증가와 골밀도 및 집중력을 향상시키며 고중량 고강도 저항트레이닝 시 혈중 농도가 증가한다.

#### 8) 성장호르몬(Growth hormone)

뇌하수체 전엽에서 분비되며, 운동 중 지방조직에서 지방산의 활용을 증가시켜 혈중 포도당 수준을 유지시킨다. 또한 신체 각부의 발달과 증식을 촉진시키고 단백질 합성을 촉진하며, 혈당을 상승시키고 중성지방 분해를 촉진과 유리지방산을 증가시키는 작용을 한다. 운동에 의한 성장호르몬의 분비는 운동 시작 후 수분이 지남 후에 나타나고 운동강도가 계속 증가하면 생산이 급격히 감소한다.

#### 9) 에피네프린(Epinephrine)

부신수질에서 80%이상 분비되며, 근육이 계속 활동할 수 있도록 포도당을 제공한다. 또한 활동에 필요한 혈액내 산소공급을 높여주기 위해서 심장박동을 증가시켜 혈압을 적절히 유지해 주며, 혈압을 조절해 주는 신경전달물질로 지방조직의 지방산을 동원한다. 강한 지질분해 호르몬으로 작용하여 운동수행능력을 증가시킨다. 정상인의 경우 120 pg/mL 이하의 수치이다.

#### 10) 노르에피네프린(Norepinephrine)

부신수질에서 분비되며, 운동강도에 크게 영향을 받고 운동지속 시간과 밀접한 관계가 있다. 유리지방산을 동원하고 인슐린 길항작용을 한다. 운동 상황시 혈관수축 및 지방과 탄수화물 이동을 유발하고 간 글리코겐 인산화를 증가시킨 후 글루코스로서 가수분해된다. 정상인의 경우 410 pg/mL 이하이다.



## II. 이론적 배경

### 1. 저항운동

저항운동(resistance exercise)이란 근력을 강화시키기 위하여 중량이 부착된 기구나, 저항밴드, 자신의 체중 등을 이용하여 강화시키고자 하는 근육군에 저항을 주어 근비대나 근 기능을 높이기 위한 트레이닝으로 정적 저항운동과 동적 저항운동이 있다. 정적 저항운동은 일정한 자세에서 있는 힘을 다 발휘하는 중에 저항이 운동하는 신체 부위에 영향을 주도록 하는 것으로 운동강도를 최대로 하기 쉬우며, 특별한 기술이 필요하지 않으므로 누구나 쉽게 실시 할 수 있다. 운동강도는 최대근력의 40% 이상, 운동시간은 40~60초 정도, 운동빈도는 3~5세트씩 주 3회 정도가 적당하다(장경태 등, 1999). 동적 저항운동은 웨이트트레이닝(weight training) 시 사용되는 웨이트기구(weight machine)와 프리웨이트(free weight) 같은 기구로 저항을 주어 실시하는 운동을 말한다. 동적저항운동은 근력 향상을 눈으로 확인 할 수 있으며, 자신의 어느 정도의 부하로 운동을 실시하는 지 직접 파악할 수 있고, 전 범위에 걸쳐 근육이 운동을 하게 된다는 장점이 있다(장경태 등, 1999). 저항운동은 근육계를 발달시키는 구조적인 운동프로그램이며, 1차적인 목적은 특정한 부하의 저항을 줌으로써 단백질의 합성을 촉진시켜 근력과 근지구력 등의 근 기능을 향상시키는 것이지만 그 외에도 기초대사량을 증가시키므로 유산소적 트레이닝 효과와 수많은 건강상의 이점을 제공한다. 저항운동은 목적과 도구에 따라 명칭이 다르며, 목적에 따라 근력 · 파워 · 근지구력 · Body building 트레이닝으로, 기구에 따라 웨이트기구 · 튜브트레이닝(tube training)으로 각각 호칭할 수 있다. 저항운동은 근력과 근지구력의 개선뿐만 아니라 경기력에 미치는 전이(transfer) 효과가 뛰어나 경기력 향상뿐만 아니라 근력부족에서 야기되는 상해와 사고 예방에도 효과가 높다(양점홍, 2002). 저항운동은 근세포의 성장 및 근력의 발달을 촉진시키며, 성장호르몬의 분비를 유발시켜 글루코스와 아미노산의 이용을 감소시키고 지방산의 이용을 증가시킨다. 또한 세포막을 통한 아미노산의 수송을 촉진하고 핵내 전사작용(transcription)에 영향을 주어 RNA의 양을 증가시킴으로써 단백질 합성을 촉진한다(Guyton, 1981; kraemer, 1998). 저항운동의 효과는 심혈관질환의 위험요인을 줄

일 수 있는 효과를 가져 올 수 있으며(MacDougald et al., 1995), 고혈압 환자들에게도 효과가 있어 안정 시 혈압을 감소시킬 수 있다(Stone et al., 1991). 또한 비만, 고지혈증, 당뇨병, 관상동맥질환 등과 폐경기의 여성에게서 발생하기 쉬운 골다공증과 같은 질환에도 효과가 있다(Bermon et al., 1999; Stone et al., 1991).

## 2. 유산소운동

유산소운동(aerobic exercise)은 산소를 충분히 섭취하면서 운동하는 것을 말하며, 이 운동이 대표적인 것으로 산보, 속보, 조깅(jogging), 자전거 타기와 같은 전신 지구성 운동이 있으며. 이 운동들은 말초의 근육을 움직여 폐와 심장 및 혈관계의 활동을 활발하게 하여 신체 전체의 신진대사를 왕성하게 하는 것이다. 유산소운동은 소비에너지를 증가시켜 감량하는 방법으로, 자신의 취미와 체질, 시간, 경제력에 따라 적합한 종목을 선택하여야 하며, 지속적으로 에너지를 소비할 수 있는 운동이어야 한다. 산소의 소비와 생성에서 보면 유산소적 운동은 신체에서 소비된 산소의 양과 운동 중 섭취한 산소의 양이 유사한 것이다. 따라서 이 운동형태의 특징은 오랫동안 지속할 수 있다는 것이다. 유산소적 운동의 특징은 산소가 있는 상태에서 근 수축이 계속되는 것으로 근 수축을 화학반응에서 보면 산소는 반응을 일으키는 직접적인 에너지는 아니고 반응을 일으키는 모체로서 활동하고 있는 것이다. 근 수축을 일으키는 직접적인 에너지원은 근육 중에 포함되어 있는 아데노신 3인산(ATP)이라는 고 에너지의 인산화합물이다. 또한 이 ATP는 3.7~4.3 mmol/kg, PC(phospho creatine)는 14.7~18.0 mmol/kg으로 ATP보다 약 3배가 있으며 100m를 만약 9.9초로 달린다면 0.43 mol의 ATP가 필요하며 이것을 1분으로 환산하면 2.6 mol이며 마라톤 풀코스를 달린다면 150 mol의 ATP가 필요하다. 운동은 근섬유의 수축에 의하여 행하여지는데 운동의 종류에 따라 활동하는 근섬유가 다르다는 것이 최근 연구에 의해 밝혀졌는데, 유산소적 운동에 의한 활동 근섬유는 주로 SO(slow twitch oxidative fiber)이다. 이 섬유는 발휘하는 근력은 작고 수축 속도는 느리나, 지구성이 뛰어나기 때문에 장시간 운동을 계속해도 피로하지 않는 특성을 가지고 있다. 따라서 유산소성 운동은 섬유에서 보면 주로 SO섬유(지근섬유)의 강화라고 하는 것이 된다(성동진, 2000). 유산소운동의 특성으로는 운동 중 호흡 순환 기능이 일정 수준을 유지하며, 산소의 공급과 수요가 균형을 이루고, 체내의 조건이

안정된 상태에 있기 때문에 운동 중 사고의 위험과 피로가 누적 되고, 최대산소 섭취량과 무산소성 역치가 높아지고 호흡기능을 향상 시키며, 심근이 발달하고 모세혈관이 증식되어 심근에 대한 산소공급이 높아져 심근 허혈을 방지한다. 또한 심박수가 증가하는 비율에 비하여 수축기 혈압의 상승이 작고 심장 기능을 향상 시키며, 지방에 의한 에너지 소모 의존도가 높으므로 지방량이 감소되어 체중조절에 효과적이다. 뿐만 아니라 성인병을 예방할 수 있고, 심장에 부담이 적고 혈중 젖산 및 카테콜라민의 증가가 적으며, 근육량의 증가와 근 관절을 강화시키고 밀도를 증가시킨다(한국체육과학연구원, 1998). 또한 유산소운동은 비만자의 지방을 감소시키며, 운동을 통한 비만조절은 체지방의 감소, 무기질, 체지방의 증가에 의해 건강증진의 효과를 볼 수 있다고 보고하였다(Pollock et al., 1999).

### 3. 건강관련체력

과거에는 체력을 주로 파워(power)와 같은 스포츠 활동과 관련된 운동능력을 중심으로 정의하고 측정해 왔으며, 건강에 관련된 체력 부분에는 관심을 두지 않았지만 일상생활이 기계화됨에 따라 신체활동이 필요성이 감소되었다. 그 결과 체력수준의 저하가 요인이 된 운동부족증이 문제가 되는 21세기의 현대 사회에서 일반인의 건강을 지지해 주는 기반으로 건강의 삶과 연관한 체력이 지닌 의미는 매우 중요하다(양점홍, 2002).

건강관련체력에서 신체조성(body composition)은 인체에 대한 조직, 기관, 분자, 원소 등에 대해 어떻게 구성되었는가를 정량적으로 밝혀 상대적 비율을 구하는 것이다. 신체조성에 있어서 건강과 관계가 깊은 것은 체지방량(body fat mass)과 체지방량(lean body mass)의 비율이다. 일상생활에서 필요 이상으로 섭취된 칼로리는 지방이 되어 피하에 축적되고 체지방이 비율이 증가되어 여러 가지 성인병을 초래하게 되므로 중요한 요소라 할 수 있다(김기학, 1997).

유연성은 신체관절의 가동범위를 평가하는 것으로 이들을 둘러싼 인대, 근육, 건, 지방조직, 피부, 등 체조직의 영향을 직접 받고 있다. 또한, 온도나 피로의 영향도 쉽게 받을 수 있으며, 신체활동을 수행할 때 중요한 역할을 할 뿐 아니라 운동상해의 예방에도 영향을 미친다(김기학, 1997). 유연성은 근력과 관련을 보이며, 웨이트 트레이닝은 근력, 근과워, 근지구력 등을 증가시켜 운동 상해를 감소시키는데 도움

을 준다.

근력(muscular strength)은 근 수축에 의해 발생하는 물질적이 에너지를 말하며, 인간의 모든 신체활동은 근력의 발현에 의해 가능하게 된다. 근력에서 힘을 발휘하는 근육의 수축방법에 따라 물건을 밀거나 끌어당기거나, 잡을 때 와 천천히 근섬유를 수축시켜 힘을 발휘할 때의 근력을 정적근력이라 한다. 그리고 순간적으로 근섬유를 수축시켜 폭발적으로 힘을 발휘 할 때의 근력을 순발력(explosive strength)이라 하며, 어떤 부하를 얼마만큼 오랫동안 유지할 수 있는가와 같이 근 수축을 지속시킬 수 있는 능력을 근지구력(muscular endurance)이라 한다(김기학, 1997). 근력과 근지구력이 건강관련체력 요소로 포함된 것은 적당한 근력유지가 좋은 자세 유지와 요통 발생 위험을 감소시키는데 중요하기 때문이다. 근력의 강화는 요통과 내장의 하수를 예방하고 나쁜 자세 교정에 중요한 역할을 담당하고 있다(김기학, 1997).

건강관련체력 요소 중 심폐지구력은 일상생활에서 가장 기본적인 체력요소로서 운동부족에 의해 가장 큰 손상을 받는다. 또한 운동에 의해 개선될 수 있기 때문에 순환기계 질환의 예방을 위한 수단으로 가장 중요시되는 체력 요소이다.

#### 4. 운동과 에너지기질

##### 1) 운동과 글루코스

글루코스(glucose)는 식물계에 다량으로 존재하는 육탄당으로 에너지의 원천이며 물이 존재하는데 가장 중요한 생리적 기능을 가지고 있고, 에너지원으로 쉽게 동원될 수 있는 저장형태이다. 정상 혈중에 존재하는 글루코스는 공복 시 60~110 mg/dL 이고, 기타 당으로는 과당, 갈락토스, 락토스 등이 미량으로 존재하는데(이삼열 등, 1987) 이것을 혈당이라고 한다. 이 수치는 공복 시에도 유지되어 정상적인 활동이 가능하게 된다. 일반적인 혈중 글루코스는 운동이나 스트레스, 체질 및 식사 여부 등에 따라 변화하는데 동맥혈은 정맥혈보다 그 수치가 높게 나타나며, 공복 시에는 동맥과 정맥 혈당 차이가 10 mg/dL 전후이나, 식후에는 20~50 mg/dL 의 차이가 나타난다(이삼열, 등 1987). 섭취한 당이나 전분 같은 탄수화물 복합체는 여러 가지 소화효소의 작용으로 단당류로 분해되어 소장에서 흡수된 후, 문맥을 통해

간으로 운반된다. 단당류의 일종인 글루코스는 글리코겐이 되어 간에 저장되거나 간을 거쳐 근육 속에 글리코겐 형태로 저장되었다가 다시 근 수축에 이용되며, 글루코스가 필요할 때는 글리코겐이 변하여 다시 글루코스가 되기도 한다(이삼열 등, 1987).

혈중의 글루코스 농도는 장에서 흡수, 간에서 재생과 글리코겐의 합성과 분해, 발현조직에서 글루코스 이용, 신장에서 배설을 함으로써 균형이 이루어진다(하태복, 2002). 신체조직에서 끊임없이 글루코스가 이용되기 위해서는 혈액순환에 의하여 조직의 구석구석까지 글루코스가 공급되지 않으면 안 된다. 인체 반응은 혈당 농도에 대한 의존성이 강하여 혈당이 70 mg/dL 이하로 감소되는 저혈당의 상태가 되면 두뇌근의 연료공급이 적절하지 못하여 무기력감, 초조감, 피로 등이 일어나고, 극도로 저하될 경우 경련, 의식불명 등을 일으킨다. 근육과 같은 조직은 글루코스 이외의 영향 물질에서도 에너지를 얻기 때문에 혈당농도에 대한 의존도는 높지 않다. 아침 공복 시의 혈당치가 가장 낮은 시간에 운동을 실시 할 때 건강한 사람은 경도, 중강도의 운동에서는 혈당이 거의 변하지 않는데 이것은 운동근에 당의 이용과 간에서의 당동원의 밸런스가 유지되고 있기 때문이다. 체내에서 에너지원으로 이용되는 당질의 형태는 혈중 글루코스와 간 및 근육의 글리코겐이다. 글리코겐 저장은 운동 시 ATP이용과 재합성간의 균형을 유지시킬 뿐 아니라 활동근 내 이용을 증가시키고 탄수화물의 산화율을 향상시켜 장기간 운동 수행 시 주어진 강도를 유지하는 능력과 운동수행 후반에 높은 강도로 운동을 유지할 수 있는 능력을 개선해 준다. 즉, 운동의 주 에너지원은 글루코스이며, 활동근 내에서의 글루코스 이용률은 농도에 의존되어 운동 시 안정 시 보다 5~15배 높게 이용되는 것으로 나타났다(Costill et al., 1973). 혈중 글루코스 농도는 운동 시간과 활동에 따라 변화하는데 운동초기의 낮은 강도에서 글루코스와 지방 이용률이 비슷하거나 운동강도가 증가함에 따라 글루코스 농도의 변화에 영향을 미치지 않으나 장시간 동안 피로한 운동 시에는 혈중 글루코스 농도의 저하를 가져오며 단기간의 고강도 운동을 반복하여 수행하거나 혹은 직후에 혈중 글루코스 농도는 상승된다(Statland et al., 1981). 운동강도가 혈당치에 미치는 영향은 최대 강도의 100% 운동에서는 에피네프린과 노르에피네프린의 분비가 항진되어 간에서 내인성의 당이 동원되기 때문에 오인성의 당과 서로 더해져, 회복기의 반동적인 증가가 두드러져 혈당의 저하가 지연된다. 혈당치가 저하되기 쉬운 운동강도는  $VO_2max$ 의 60% 정도이고 운동에서 당의 이용이 제일 높은 것

을 알 수 있다(현송자, 2004).

## 2) 운동과 유리지방산

장시간 지속되는 운동 시 근육의 ATP 수준과 탄수화물, 지방대사를 위해 여러 가지 호르몬이 작용하여 글루코스와 유리지방산(free fatty acid: FFA)을 에너지 체계에서 제공한다. 일반적으로 유리지방산의 동원과 산화는 지구력 운동의 경기력에 매우 중요한 요인이며, 유리지방산은 인체 기관에서 연료로 사용되는데 심장, 골격근, 간의 주요한 연료이다. 에너지 체계에서 지방의 연료사용은 유리지방산의 형태로 지방세포와 근섬유 내부에 중성지방의 형태로 혈액에 방출 되어야 하는데, 지방세포와 근섬유 내부에 중성지방의 형태로 저장되어 있다가 유리지방산으로 분해되면서 근섬유로 운반된다. 운동하는 근육의 유리지방산의 흡수 속도는 혈장 유리지방산의 농도와 밀접한 연관이 있으며, 유리지방산의 혈장농도 증가는 세포의 유리지방산 흡수 속도를 증가시키고 증가된 유리지방산의 혈장농도는 유리지방산의 산화증가를 가져온다. 혈장 유리지방산은 신체활동의 전 과정을 통해 계속 상승하는데 이는 리파제가 다른 호르몬들의 영향에 의해서 계속 활성화 되는 것을 의미하며 이러한 현상을 지속시키는 호르몬으로 카테콜라민(catecholamine)과 성장호르몬이 있다(예제승, 2008).

운동에 대한 유리지방산과 호르몬 반응은 저강도 운동 시에는 혈중 수준에 변화가 나타나지 않으나, 운동강도가  $VO_{2max}$ 의 60% 정도 이상이면 상승하며, 단기간의 운동에 대한 글루코스, 유리지방산, 호르몬 반응은 운동강도, 운동 지속시간, 운동량, 운동 중 사용된 에너지 대사과정, 훈련 상태의 영향을 받는다(Bunt et al., 1986; Chwalbinska-Moneta et al., 2005).

## 3) 운동과 젖산

젖산(lactate acid)은 운동 중에 글루코스의 무산소 대사에 의해 생성되고, 근 피로와 근 활동의 한계요인을 결정하는 중요한 기준이 된다(김정주 등, 2000). 체내에 젖산은 혐기성 탄수화물 대사의 최종 산물로서 축적되게 되는데 운동 중 조직에서 필요로 하는 산소공급이 충분하지 못하였을 때 주로 형성되고 축적된다. 체내에 젖

산이 축적되면 일시적인 근피로 현상(Karlsson et al., 1970)과 함께 pH의 감소를 동반하며(Bonen et al., 1975), 근 수축 작용의 저하를 가져오고, 세포의 산성도를 증가시켜 효소의 활동이 억제되는 현상이 나타난다(Tesch et al., 1982).

높은 강도의 운동이 지속되는 경우 수축하는 근육세포에서는 많은 양의 젖산이 생성된다. 생성된 젖산은 근육세포 내에서 이용되기도 하지만, 근육세포들을 떠나 주위의 다른 세포로 들어가 에너지원으로 이용되기도 한다. 이렇게 생성 전달된 젖산이 미토콘드리아의 Pyruvate로 전환되어 에너지원으로 재이용되는 과정을 세포내 젖산이동이라고 하는데, 젖산 전달체(MCT)라는 전달 단백질의 도움으로 세포질의 젖산이 미토콘드리아로 이동하고 에너지원으로 사용하게 된다(백일영, 2006).

Brooks(1986)는 안정 상태운동 중 형성된 젖산의 75% 이상의 운동 중 산화되며, 그 중 글루코스로 변환되는 비율은 전체 젖산 제거량과 비교해 볼 때 단지 일부분에 지나지 않는다고 하였다. 유산소성 대사연료의 이용이 가능한 젖산은 당 분해율이 높은 부분에서 간질(interstitium)을 경유, 세포의 호흡률이 높은 부분으로 이동한다. 탈진상태에 이르게 하는 고강도 운동 후 회복기에는 근육의 호흡율이 감소하기 때문에 운동 후 젖산제거는 간에서 당신생에 의해 재합성된 간 글루코스는 주로 심근과 골격근으로 수송되고 간 내 저장 및 보충에는 크게 기여하지 못한다(예제승, 2008).

## 5. 운동과 대사관련 호르몬(metabolic hormone)

운동에 대한 호르몬의 반응은 간에서 당원신생과정과 글리코겐 분해과정을 촉진시켜 혈액으로 포도당을 방출시키고, 지방조직에서 지방분해과정을 촉진시켜 유리지방산을 혈액으로 방출시켜 근육 내에 필요로 하는 에너지원을 공급하게 한다(Felig, 1983).

### 1) 운동과 인슐린

인슐린(insulin)은 췌장의  $\beta$ 세포에서 분비되는 폴리펩티드 호르몬으로서 식사 등에 의한 혈당의 상승 분비를 촉진시키는 호르몬이다. 인슐린 수용체의 수나 친화력은 인슐린과 다른 호르몬, 운동, 기타 요인에 의하여 영향을 받는다. 인슐린은 카

테콜라민, 성장호르몬, 당류 부신피질 호르몬, 글루카곤과 길항적으로 작용한다. 인슐린은 혈중포도당의 조직세포 내 유입을 촉진시키고, 간 및 근육세포에서 글리코겐(glycogen)의 합성을 촉진하며, 지방조직에서 호르몬 감수성 리파제(lipase) 활성을 억제하고 중성지방으로부터 유리지방산(FFA) 동원을 억제한다(강두희, 1998). 운동으로 인해 혈중 인슐린 농도는 휴식 시 수준의 50% 이하로 감소하고, 운동시간과 강도가 증가할수록 감소폭은 더 커지는데, 운동 시 혈중 인슐린농도가 감소되는 것은 교감신경계의 흥분도가 증가되어 인슐린 분비를 억제하기 때문이다(정일규 등, 2007). 인슐린 분비를 촉진시키는 인자로는 유리지방산, 케톤체, 피루부산, 글루카곤 등이 있으며 인슐린 분비를 억제하는 인자로는 카테콜라민(catecholamine)과 소마토스타틴(somatostatin) 등이 있다. 규칙적인 운동에 의한 인슐린 분비의 감소는 혈당 증가에 반응하는  $\beta$ -세포의 감수성 저하,  $\beta$ -세포의 인슐린 분비능력의 감소, 이 두 가지 요소의 복합작용 등에 기인한다(King et al., 1990).

## 2) 운동과 테스토스테론

테스토스테론(testosterone)은 뇌하수체 전엽에서 생성되는 황체형성 호르몬(LH)의 자극에 의해 고환의 간질세포(leyding cell)에 의해 분비된다. 남성의 특성에 관련되는 조직과 기관의 성장 및 발달에 영향을 미치며, 단백질 합성 촉진과 단백질 파괴를 감소시켜 근육의 발달과 성장을 촉진시킨다. 테스토스테론은 단백질 합성을 촉진하는 아나볼릭 스테로이드(anabolic steroid)와 남성적 상징을 나타내게 하는 안드로제닉 스테로이드(androgenic steroid)의 특성을 갖고 있다. 테스토스테론은 스테로이드(steroid) 호르몬으로 일반적으로 서서히 작용하며 그 효과가 나타나는 데는 몇 시간이 소요된다. 스테로이드 호르몬은 세포질의 호르몬 수용체에 결합하여 호르몬과 수용체의 결합체로서 핵에 유입되어 핵크로마틴의 수용체가 단백질과 작용하여 특정유전자를 활성화하여 유도한다. 스테로이드 호르몬인 테스토스테론은 뼈의 성장,  $Ca^{++}$ 의 보존,  $Na^{+}$ 의 재흡수와 대사율을 증가시키며, 근육 내 아미노산의 축적을 증가시키므로 골격근의 단백질 합성을 촉진하는 대사성 호르몬이다(Booth et al., 1993). 테스토스테론은 주로 성장, 분화와 생식기의 기능을 유지시키는데 주로 작용하며, 단백질 합성(protein synthesis)을 왕성하게 하며 단백질의 파괴를 감소시켜 근육의 발달을 촉진시키며 성장을 돕는다(정일규 등, 2007).



### 3) 운동과 성장호르몬

성장호르몬(growth hormone)의 분비는 뇌하수체 전엽에 직접 작용하는 성장호르몬 방출인자(growth hormone releasing factor)와 성장호르몬 억제인자(growth hormone inhibitory factor)에 의해 조절되고, 운동의 영향을 받는다. 성장호르몬의 분비가 증가되는 경우는 에너지원이 결핍되거나, 글루카곤 또는 아미노산을 투여할 경우와 스트레스를 받을 때 등이다(Hachney et al., 1989; Kern et al., 1995).

성장호르몬은 신체 각부의 발달과 증식을 촉진하고, 세포에서 단백질 합성을 촉진하며 기타 세포성분의 양을 증가시켜 세포의 비대와 분열이 일어나게 한다. 또한 간으로부터 포도당(glucose)의 방출을 촉진시켜 혈당을 상승시키고, 지방조직에 저장된 중성지방의 분해를 촉진시켜 혈중 유리지방산(free fatty acid)을 증가시키는 작용을 한다. 운동 시 성장호르몬 분비는 간에 작용하여 소마토메딘(somatomedin)의 합성 및 분비를 촉진시킴으로써 동화를 촉진하는 작용을 하며, 지방조직에서 유리지방산의 유리를 돕고, 혈중지방산 농도를 상승시킨다(정일규 등, 2007). 성장호르몬은 간 조직으로부터 여러 세포들과 상호작용을 하면서 단백질 합성, 골격의 성장, 세포의 증식에 중요한 역할을 하는 IGF-I의 방출을 증가시키며 성장을 촉진하여(Merime et al., 1982), 뼈와 연골조직을 성장시키고 글루코스와 아미노산의 이용을 감소시키기 위하여 지방산의 이용을 증가시킨다(Guyton, 1981; Rogol, 1989).

운동에 대한 성장호르몬의 반응은 개인의 훈련 수준 또는 체력 수준에 대한 상대적 운동강도와 지속시간에 의해 결정된다(Crist et al., 1988; Rudman, 1990). 장기간의 규칙적인 유산소성 운동 후 성장호르몬이 유의하게 증가(McCarty, 1997; Wideman et al., 1999)하였고, 규칙적인 운동은 연령 증가와 함께 감소되는 성장호르몬에 긍정적인 효과를 미쳐 높게 유지된다고 하였다(Hurel et al., 1999). 또한 운동강도와 운동시간이 성장호르몬의 분비에 중요한 역할을 하며(Crist et al., 1988; Rudman, 1990), Staron 등(1991)은 스쿼트(squart), 레그프레스(leg press), 레그익스텐션(leg extension) 등 3가지 종목으로 구성된 저항성 운동을 8주 동안 실시한 결과 성장호르몬의 농도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 최근에 운동선수들은 성장호르몬의 체내에서 골격근 단백질의 합성과 뼈의 성장, 지방조직에서 지방 동원, 혈중 글루코스 증가 등의 생리적 작용 때문에 근육 발달 및 에너지 대사 기능

의 향상을 기대하는 선수들에게 운동능력 향상의 보조물로 생각되고 있어 이 호르몬제를 선호하는 경향이 있다(정일규 등, 2007).

#### 4) 에피네프린과 노르에피네프린

부신수질은 에피네프린(epinephrine), 노르에피네프린(norepinephrine), 도파민(dopamine)을 합성·분비하는데 이 3가지 호르몬을 카테콜라민 이라고 하며 (Longhurst et al., 1979), 부신수질에서 분비되는 카테콜라민 중 약 80%는 에피네프린과 노르에피네프린이다. 에피네프린과 노르에피네프린의 전반적인 역할은 혈압과 심박출량 및 혈장 글루코스 농도를 유지하는데 관여하며, 강한 감정적인 자극이나 공포, 운동, 추위, 열 생성에서도 반응하는데 이러한 효과는 돌발 상황에 대한 개인적인 준비에 반응하는 일부분으로서 fight or flight 반응이라고도 한다 (Longhurst et al., 1979; Willmore et al., 1998). 노르에피네프린 분비의 증가는 세포내 전반적인 에너지 대사율을 증가시키는 작용을 하고, 노르에피네프린의 혈장 수치는 전체적인 교감신경 활동 지표로 이용될 수 있으며, 부신수질로부터 방출된 노르에피네프린은 간에서 글루코스를 동원하는 중요한 카테콜라민이라 할 수 있다 (Luyckx et al., 1974). 에피네프린과 노르에피네프린의 분비는 자세의 변화, 심리적 자극 및 운동강도와 운동시간 등을 포함하여 여러 요소들의 영향을 받는데,  $VO_2max$ 의 50% 이상에 해당되는 운동강도에서는 혈중 노르에피네프린의 농도는 증가한다. 그러나 혈중 에피네프린의 농도는  $VO_2max$ 의 75%에 이르는 운동강도를 초과하면서 증가하기 시작하며, 운동의 지속시간과 관련하여  $VO_2max$ 의 60%에 해당하는 일정한 운동강도로 3시간 이상 지속되면 혈중 에피네프린과 노르에피네프린 농도가 모두 증가하고, 운동 후 회복기에 에피네프린은 수 분 이내에 안정 상태로 회복되나 노르에피네프린은 회복기 수 시간 동안에도 계속 증가하는 양상을 보인다 (Willmore et al., 1998).

노르에피네프린은 혈관 수축작용에 의한 혈압상승 작용이 강하고, 지방조직으로부터 유리지방산을 동원하며, 췌장으로부터 인슐린 분비를 억제하는 인슐린 길항작용을 한다. 에피네프린과 노르에피네프린은 분비된 직후 신속히 제거되기 때문에 각 기관에 지속적인 효과가 나타나지 않는다. 가벼운 운동 시에는 심리적 스트레스가 없다면 혈중 수준에 변화가 나타나지 않으며, 운동 강도가 최대산소섭취량의 약

60% 수준을 초과할 때 혈중 수준이 상승하고, 그 이상으로 운동강도를 높이면 급격히 증가하며 탈진 시에는 휴식시의 6~15배 수준까지 증가한다(정일규 등, 2007). 카테콜라민은 대사율, 간 근육이 글루코스 생성, 혈중으로부터 글루코스 및 유리지방산 방출 등의 증가를 가져오는데 있어 중요한 역할을 한다. 신체운동이 시작되면 교감신경계가 크게 활성화되어 카테콜라민의 분비가 증가한다((Willmore et al., 1998). 이것은 간뇌 부신피질계 발동의 원동력 역할을 하면서 근육 내 혈류 증가를 위한 심박출량의 증가, 수축력 증가, 심장박동수의 촉진, 내장 영역의 혈관수축 등 순환기능을 재조정하는 역할을 한다(Lamb, 1984). 또한 지방분해 효소인 리파제가 활성화 되어 운동 초기에 당신생작용(glycogenolysis)을 촉진하고 지방조직으로부터 유리지방산의 생성을 유발시키는 역할을 한다(Brooks et al., 1984). Kindermann 등(1982)은  $VO_2max$ 의 85%로 탈진 시 까지 운동한 결과 에피네프린과 노르에피네프린이 10배까지 증가하였다고 보고하였고, 혈중 에피네프린과 노르에피네프린의 상승은  $VO_2max$ 의 40% 강도 이하에서는 일어나지 않으며 50~60%이상의 강도에서는 산소섭취량이 증가하는 만큼 혈장 내 에피네프린과 노르에피네프린의 농도가 모두 증가 한다고 보고하였다(Deuster et al., 1989). 이처럼 카테콜라민은 운동강도와 비례하여 일정하게 증가하는 것이 아니라 어느 일정 강도에서 급격하게 증가한다는 무산소성 역치와 관련이 있다(Lehmann, et al., 1991).

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 연구 대상

본 연구의 연구대상은 J시 소재 J대학교 학생 중 의학적으로 특별한 질환이 없으며, 규칙적인 운동프로그램에 참여하지 않는 20대 남자 대학생 24명이다.

연구의 목적과 방법을 충분히 이해하고 본인이 직접 실험에 참여할 의사를 밝힌 대상자 24명을 통제그룹, 저항운동 후 유산소운동그룹, 유산소운동 후 저항운동그룹으로 각각 8명씩 무선 배정하였다.

대상자의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Group	n	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	Body composition	
					body fat(%)	LBM(kg)
Control	8	21.38 ±2.26	174.88 ±5.25	68.64 ±8.78	16.58 ±6.58	56.89 ±4.00
Aerobic after resistance exercise	8	21.38 ±1.19	174.13 ±4.42	71.25 ±12.19	19.70 ±5.89	56.65 ±5.98
Resistance after aerobic exercise	8	22.88 ±1.55	175.38 ±2.83	72.39 ±7.78	19.88 ±3.44	57.80 ±4.18

Values are means ± standard deviation

#### 2. 연구 절차

본 연구는 24명의 연구대상자들에게 <Figure 1>과 같은 연구절차와 실험설계에 맞추어 연구에 임하였다. 연구대상자들은 통제그룹, 저항운동 후 유산소운동그룹, 유산소운동 후 저항운동그룹으로 분류하고, 1주 동안 Pre-conditioning 단계에서 트레드밀 운동과 웨이트트레이닝을 실시하였다. 이후 12주 동안 주당 4일을 트레드밀 운동 30분과 웨이트트레이닝 30분을 각각 실시하도록 하였다. 훈련에 따른 효과를 검증하기 위해 0주차, 8주차, 12주차에 건강관련체력(Health Related Physical Fitness),

에너지기질(Energy substrates), 대사호르몬(Metabolic hormone)을 분석하여 평가하였다.

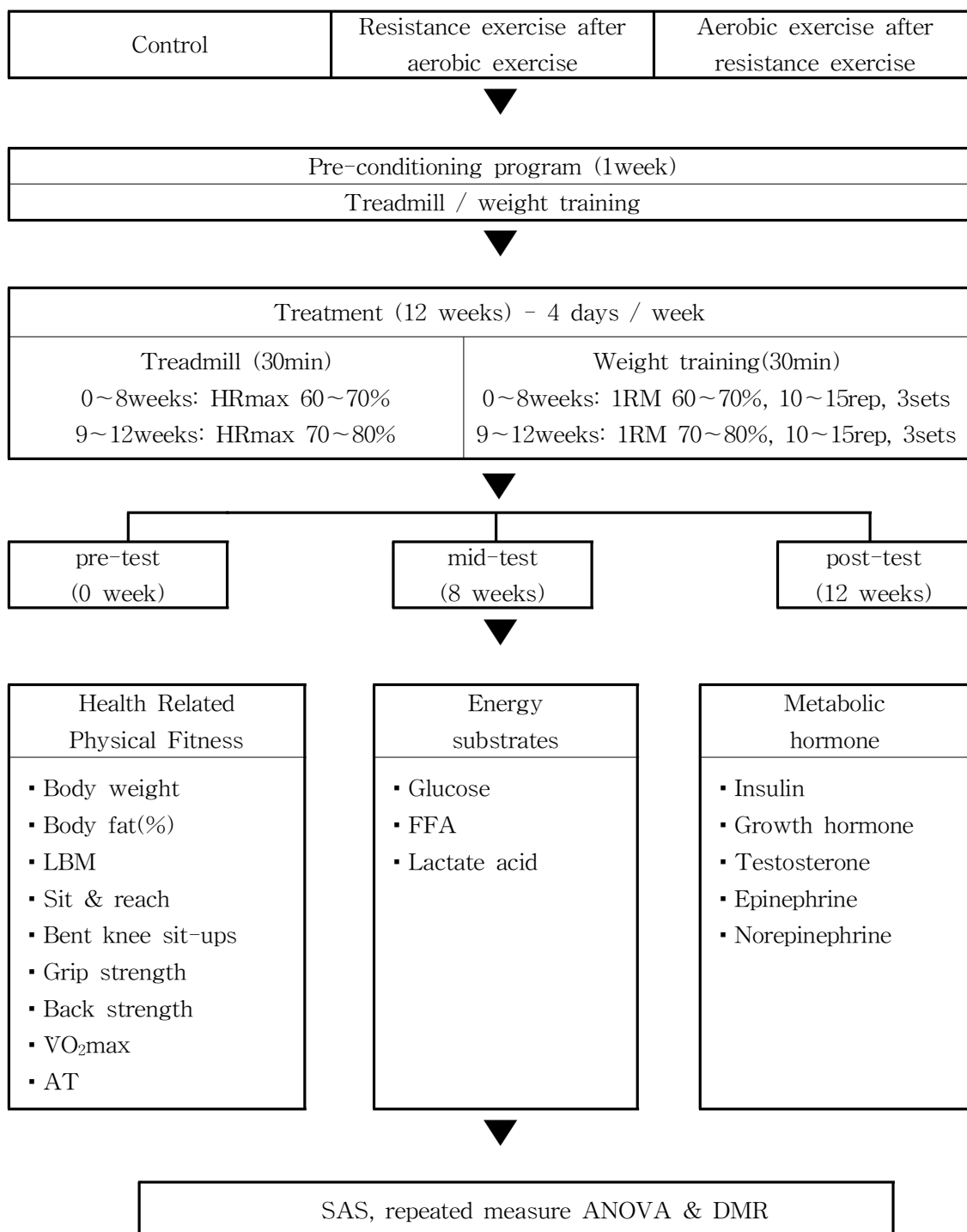


Figure 1. Experimental Design

### 3. 측정항목 및 방법

#### 1) 건강관련체력

##### (1) 신체조성(body composition)

전기저항을 이용한 생체전기 임피던스방식의 분석원리를 적용한 초정밀 체성분 분석기 Inbody 720(Biospace, Korea)을 이용하여 체중(Body weight), 체지방률(%body fat), 체지방량(LBM)을 측정하였다. Inbody 720에 올라서서 손 전극을 잡고 발 전극을 밟은 후 직립자세로 양팔을 약간 벌린 자세를 취한 후 임피던스 측정 장치에 의해 양팔과 양다리에서 인체부위별 전기저항을 측정하였다.

##### (2) 유연성(flexibility)

유연성은 앉아 윗몸 앞으로 굽히기(sit & reach)를 측정 하였으며, 상체를 천천히 굽히면서 양발바닥이 측정기(T.T.K. 5403, TAKEI, Japan)의 수직면에 무릎을 완전 신전한 상태에서 밀착한 후 양손 손가락 끝이 측정기를 서서히 밀게 하고 2초 정도 멈춘 지점의 막대자 눈금을 0.1cm 단위로 읽어 기록하였다. 이때 허리 반동을 이용하거나 갑작스럽게 상체를 굽혀 손을 뺀치는 동작을 하였을 때는 재검을 실시하였으며, 2회 실시하여 높은 수치의 기록을 측정치로 하였다.

##### (3) 근지구력(muscular Endurance)

윗몸일으키기(bent knee sit-ups) 방법을 이용하였으며, 대상자는 편안하게 누운 자세에서 양발을 10cm 정도 벌리고 무릎을 직각으로 굽히게 하여 상체를 일으켰을 때 양 팔꿈치가 무릎에 닿도록 하며 정확한 동작으로 실시한 횟수를 30초간 측정하였다.

##### (4) 근력(muscular strength)

###### ① 악력(grip strength)

디지털악력계(T.T.K. 5401, TAKEI, Japan)를 이용하여 악력계의 지침이 밖으로 향하도록 잡고, 둘째손가락의 제 2관절이 거의 직각이 되도록 폭을 조절하여 잡은

후, 직립자세로 두 발을 벌려서 2회 측정하여 우수한 기록을 0.1kg 단위로 기록 하였다.

## ②배근력(back Strength)

디지털배근력계(T.T.K. 5402, TAKEI, Japan)를 사용하여 발 받침대 위에서 양발 끝을 15cm 정도 벌려 서서 손잡이를 바로잡고 상체를 30도 전방으로 기울인 다음 배근력계의 손잡이 높이를 조절하여 양손으로 상체를 일으키면서 손잡이를 서서히 힘껏 끌어당기며, 2회 실시하여 좋은 기록을 0.1kg 단위로 기록 하였다.

## (5) 심폐지구력(cardio-respiratory function)

트레드밀(Taeha, Korea)과 자동식 가스 분석기(Metal y zer 3B, Germany)를 사용하여 최대산소섭취량(maximal oxygen uptake;  $VO_2\max$ )과 무산소성 역치(anaerobic threshold; AT)를 측정 하였으며, 실험 전 30분 이상 안정을 취한 상태에서 Bruce Protocol을 사용하여 피험자가 탈진할 때 까지 실시하였다.

## 2) 채혈 및 분석방법

### (1) 채혈

피험자들을 8시간 이상 공복을 유지시킨 상태에서 혈액채취 1시간 전에 실험실에 도착하여 30분 정도 안정을 취하게 한 후, 숙련된 간호사가 헤파린으로 처리된 1회용 주사기를 이용하여 전완 주정맥(ante-cubital vein)에서 20ml의 채혈을 하였다. 이러한 채혈은 프로그램 시작 전, 8주 후, 12주 후 동일한 시간에 총 3회에 걸쳐 실시하였으며, 얻어진 혈액은 원심분리기(Beckman, USA)를 이용하여 3000rpm에서 5분간 원심 분리하여 혈청(serum)과 혈장(plasma)을 분리한 후,  $-70C^0$  초저온 냉동고에 보관하였다.

채취된 혈액의 분석은 E사 임상병리센터에 의뢰하였다.

### (2) 글루코스의 분석

Glucose 농도는 측정용 시약(Glucose Hexokinase II(GLUH), SIMENSE, USA)을 사용하였고, 측정장비(ADVIA 2400, Japan)를 이용하여, 효소측정법(Enzymatic method)으로 분석하였다.

(3) 유리지방산의 분석

FFA 농도는 측정용시약(NEFA HR.Ⅱ, Wako CO., Japan)을 사용하였고, 측정장비(TBA 200FR, Japan)를 이용하여, ACS-ACOD(colorimetry)법으로 분석하였다.

(4) 젖산의 분석

Lactate acid농도는 측정용시약(Lactate, Roche, Swiss)을 사용하였고, 측정장비(Integra 800, Japan)를 이용하여, Enzymetic법으로 분석하였다.

(5) 인슐린의 분석

Insulin농도는 측정용 시약(Insulin(IRI), SIEMENS, USA)을 사용하였고, 측정장비(Centaur XP, USA)를 이용하여, CLIA법으로 분석하였다.

(6) 테스토스테론의 분석

Testosterone 농도는 측정용 시약(Testosterone(TSTO), SIEMENS, USA)을 사용하였고, 측정장비(ADVIA Centaur XP, USA)를 이용하여, CLIA 법으로 분석하였다.

(7) 성장호르몬의 분석

Growth hormone 농도는 측정용 시약(HGH-IRMA, RADIM, USA)을 사용하였고, 측정장비(Cobra II, USA)를 이용하여, RIA방법으로 분석하였다.

(8) 에피네프린과 노르에피네프린의 분석

Epinephrine과 Norepinephrine의 농도는 시약(Plasma Catecholamine, Bio-Rad CO., Germany)을 사용하였고, 측정장비(HP Agilent 1200 series, USA)를 이용하여, HPLC방법으로 분석하였다.



#### 4. 운동 프로그램

##### 1) 1회 반복 최대 근력(one repetition maximum: 1RM) 측정

신체부위별 1RM을 측정하기 위하여 최초 체중대비 50%에 해당되는 중량으로 시작하여 2분간의 휴식 시간을 유지하면서 최종 1회를 들어 올릴 수 있는 중량까지 점차적으로 중량을 올려나가는 방법인 1RM 직접측정방법을 사용하였다.

##### 2) 운동처방

###### (1) 운동형태

유산소성 운동은 트레드밀 운동으로 하고, 저항성 운동은 웨이트트레이닝으로 레그 프레스(leg press), 레그 익스텐션(leg extension), 레그 컬(leg curl), 체스트 프레스(chest press), 랫풀 다운(lat pull down), 숄더 프레스(shoulder press), 덤벨 트라이셉 익스텐션(dumbbell triceps extension), 덤벨 컬(dumbbell curl), 시트업(sit-up) 총 9가지로 구성하였다.

또한 통제군은 평소대로 일상적인 생활에 임하도록 하였다.

###### (2) 운동강도

웨이트트레이닝 운동강도는 측정된 9종목의 1RM을 기준으로 1~8주는(8주 후 1RM 재측정) 60~70% 강도 × 15회 × 3세트를 실시하였고, 9~12주는 70~80% 강도 × 15회 × 3세트를 실시하였다. 세트 간 휴식은 1분, 종목 간 휴식도 1분으로 하였다. 유산소운동의 강도는 1~8주는 HRmax 60~70%, 9~12주는 HRmax 70~80%강도로 실시하였다.

###### (3) 운동시간, 운동빈도, 기간

저항운동 후 유산소운동그룹은 준비운동 10분, 본 운동 60분(weight training 30분, Treadmill running 30분), 정리운동 10분으로 하였으며, 유산소운동 후 저항운동 그룹은 준비운동 10분, 본 운동 60분(Treadmill running 30분, weight training 30분), 정리운동 10분으로 하였고, 운동빈도는 주 4회로 총 12주간 실시하였다.

### 3) 복합운동 프로그램

J시 소재 휘트니스센터에서 실험에 대한 대상자들의 적응을 위해 1주일간 예비 운동을 실시 한 후에 12주간 주 4회씩 본 운동을 실시하였다. 복합운동은 선행연구 (정재관, 2008)의 프로그램을 수정 보완하여 부위별로 골고루 운동이 되도록 실시하였다.

Table 2. Aerobic exercise after resistance exercise program.

	Items	Duration	Frequency
Warm-up	stretching	10 min	4 day/week
Weight training	<p><b>Leg press, Leg extension, Leg curl</b>  <b>Chest press, Lat pull down,</b>  <b>Shoulder press, Dumbbell curl</b>  <b>Over head dumbbell extension,</b>  <b>Sit-up</b></p> <p>1~8weeks:(1RM-60~70%, 15rep, 3set)            9~12weeks:(1RM-70~80%, 15rep, 3set)            rest/set, Item-1 min</p>	30 min	
Aerobic exercise	<p><b>Treadmill running</b></p> <p>1~8weeks:(HRmax 60~70%)            9~12weeks:(HRmax 70~80%)</p>	30 min	
Cool-down	stretching	10 min	

Table 3. Resistance exercise after aerobic exercise program.

	Items	Duration	Frequency
Warm-up	stretching	10 min	4 day/week
Aerobic exercise	<p><b>Treadmill running</b></p> <p>1~8weeks:(HRmax 60~70%) 9~12weeks:(HRmax 70~80%)</p>	30 min	
Weight training	<p><b>Leg press, Leg extension, Leg curl</b> <b>Chest press, Lat pull down,</b> <b>Shoulder press, Dumbbell curl</b> <b>Over head dumbbell extension,</b> <b>Sit-up</b></p> <p>1~8weeks:(1RM-60~70%, 15rep, 3set) 9~12weeks:(1RM-70~80%, 12rep, 3set) rest/set, Item-1 min</p>	30 min	
Cool-down	stretching	10 min	

## 5. 자료 처리

본 연구의 모든 자료처리는 SAS 통계 GLM 프로그램(Version 9.1)을 이용하여 모든 측정 항목의 평균과 표준편차를 산출하였다. 기술적인 통계치를 근거로 본 연구의 가설 검증을 위해 집단(3)×측정기간(훈련 전, 훈련 8주 후, 훈련 12주 후)의 효과를 알아보기 위하여 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였다. 이러한 검증의 효과에 대한 집단 간 및 훈련경과에 따른 구체적인 차이 검증에 대한 사후검증(post-hoc)은 DMR(Duncan's Multiple Range)을 이용하였다. 본 연구의 가설 검증을 위한 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

## IV. 연구결과

본 연구는 통제그룹, 저항운동 후 유산소운동그룹, 유산소운동 후 저항운동그룹으로 집단을 분류하여 운동 전, 운동 8주 후, 운동 12주 후에 각각 건강관련체력과 에너지 기질, 대사관련 호르몬을 측정하여 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

### 1. 건강관련체력의 변화

<Table 4> Changes and differences of health related physical fitness factors among groups after 12 weeks.(Mean  $\pm$  SD)

Items	Group	n	0week	8weeks	12weeks
Body weight (kg)	CON	8	68.64 $\pm$ 8.78	69.15 $\pm$ 9.20	69.74 $\pm$ 9.68
	R-A	8	71.25 $\pm$ 12.19	72.21 $\pm$ 12.22	71.71 $\pm$ 0.93
	A-R	8	72.39 $\pm$ 7.78	72.43 $\pm$ 8.25	71.63 $\pm$ 8.38
%body fat (%)	CON	8	16.58 $\pm$ 6.58	18.50 $\pm$ 6.50	17.84 $\pm$ 6.45
	R-A	8	19.7 $\pm$ 5.89	19.40 $\pm$ 5.07	17.53 $\pm$ 4.97
	A-R	8	19.88 $\pm$ 3.44	18.93 $\pm$ 3.51	17.85 $\pm$ 3.28
Lean Body Mass (kg)	CON	8	56.89 $\pm$ 4.00	55.89 $\pm$ 4.31	56.83 $\pm$ 4.81
	R-A	8	56.65 $\pm$ 5.98	57.72 $\pm$ 6.55	58.70 $\pm$ 5.66
	A-R	8	57.80 $\pm$ 4.18	58.50 $\pm$ 4.79	58.76 $\pm$ 5.14
Sit & reach (cm)	CON	8	8.25 $\pm$ 8.51	5.73 $\pm$ 7.27	5.61 $\pm$ 7.78
	R-A	8	14.50 $\pm$ 4.44	16.01 $\pm$ 4.42	17.21 $\pm$ 5.64
	A-R	8	3.99 $\pm$ 6.06	7.48 $\pm$ 4.96	9.01 $\pm$ 4.63
Sit-up (reps)	CON	8	26.25 $\pm$ 3.38	25.00 $\pm$ 3.12	25.13 $\pm$ 2.85
	R-A	8	26.25 $\pm$ 3.41	27.50 $\pm$ 2.27	30.63 $\pm$ 1.51
	A-R	8	23.75 $\pm$ 2.82	26.63 $\pm$ 1.69	30.25 $\pm$ 2.12
Grip strength (kg)	CON	8	37.06 $\pm$ 6.93	37.46 $\pm$ 7.13	38.24 $\pm$ 5.96
	R-A	8	37.00 $\pm$ 4.13	41.40 $\pm$ 3.47	42.96 $\pm$ 5.04
	A-R	8	37.39 $\pm$ 7.94	42.78 $\pm$ 4.99	44.16 $\pm$ 4.18
Back strength (kg)	CON	8	111.31 $\pm$ 23.30	109.38 $\pm$ 24.20	109.81 $\pm$ 25.17
	R-A	8	117.50 $\pm$ 26.56	134.16 $\pm$ 25.42	138.56 $\pm$ 20.90
	A-R	8	125.25 $\pm$ 21.31	136.31 $\pm$ 21.33	151.25 $\pm$ 34.07
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	CON	8	56.38 $\pm$ 6.97	54.75 $\pm$ 7.42	55.63 $\pm$ 7.39
	R-A	8	57.50 $\pm$ 10.14	64.25 $\pm$ 9.48	68.50 $\pm$ 9.55
	A-R	8	59.63 $\pm$ 5.68	63.75 $\pm$ 7.19	68.00 $\pm$ 6.70
Anaerobic Threshold (ml/kg/min)	CON	8	36.88 $\pm$ 6.81	38.88 $\pm$ 7.04	41.00 $\pm$ 7.50
	R-A	8	39.25 $\pm$ 8.23	45.38 $\pm$ 9.10	50.38 $\pm$ 11.84
	A-R	8	37.38 $\pm$ 9.56	43.50 $\pm$ 11.87	46.50 $\pm$ 13.33

CON: control R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise

통제그룹(CON), 저항운동 후 유산소운동그룹(R-A), 유산소운동 후 저항운동그룹

(A-R)의 운동 전, 운동 8주 후, 운동 12주 후의 건강관련체력(health related physical fitness)의 차이와 변화는 <Table 4>와 같다.

### 1) 체중의 변화

체중에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 5>, 집단별 체중의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 6> 및 <Figure 2>와 같다.

Table 5. The results of repeated measure ANOVA for body weight.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	126.43	63.21	0.22	0.8047
Error(Group)	21	6047.20	287.96		
Term	2	3.10	1.55	1.27	0.2908
Term*Group	4	7.67	1.92	1.57	0.1989
Error(Term)	42	51.19	1.22		

<Table 5>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 체중의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=0.22, p=0.8047$ ] 차이가 나타나지 않았으며, 훈련기간에도 유의한 [ $F_{(2, 42)}=1.27, p=0.2908$ ] 차이가 나타나지 않았다. 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=1.57, p=0.1989$ ] 차이가 나타나지 않았다.

Table 6. Comparison of body weight(kg) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	68.64	69.15	69.74	2.74	0.0988
	(8.78)	(9.20)	(9.68)		
R-A	71.25	72.21	71.7	1.29	0.3073
	(12.19)	(12.22)	(10.93)		
A-R	72.39	72.43	71.63	0.83	0.4549
	(7.78)	(8.25)	(8.38)		

CON: control R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise

<Table 6>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 체중의 변화는 유의차가 나타나지 않았다. 집단별 훈련경과에 따른 체중의 변화도 유의한 차이가 나타나지 않았다(Figure 2).

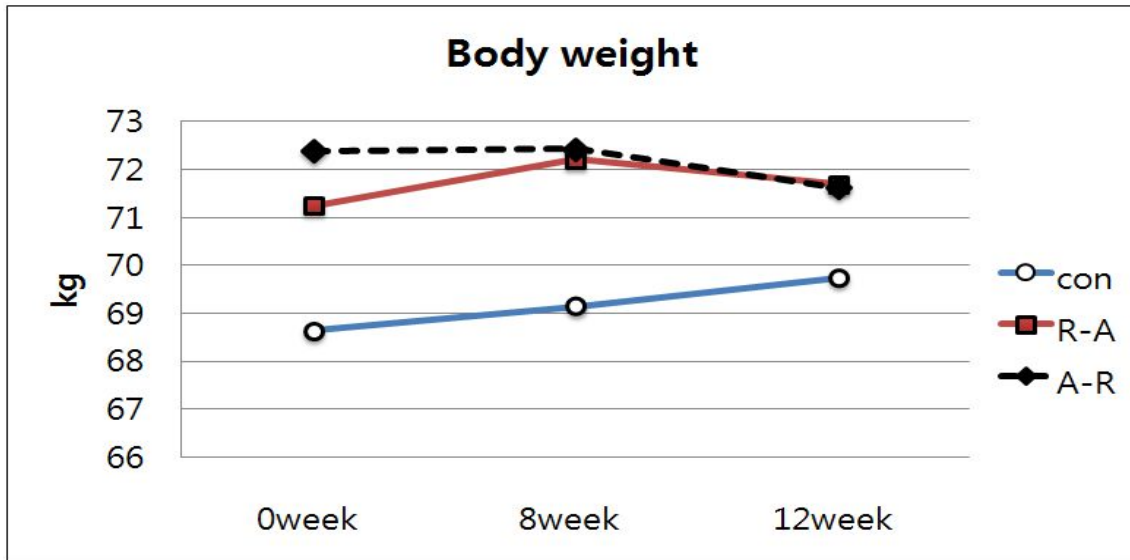


Figure 2. Comparison of body weight change among groups.

## 2) 체지방률의 변화

체지방률에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 7>, 집단별 체지방률의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 8> 및 <Figure 3>과 같다.

Table 7. The results of repeated measure ANOVA for %body fat.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	24.67	12.33	0.15	0.8585
Error(Group)	21	1685.55	80.26		
Term	2	19.67	9.84	9.21	0.0005
Term*Group	4	34.28	8.57	8.03	0.0001
Error(Term)	42	44.84	1.07		

<Table 7 >에서 보는 바와 같이 각 집단별 체지방률의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=0.15, p=0.8585$ ] 차이가 나타나지 않았으며, 훈련기간에서

는 유의한 [ $F_{(2, 42)}=9.21, p=0.0005$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에  
서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=8.03, p=0.0001$ ] 차이가 나타났다.

Table 8. Comparison of %body fat change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	16.58	18.50	17.84	6.61	0.0095
	(6.58)	(6.50)	(6.45)		0 < 8, 12
R-A	19.70	19.40	17.53	9.60	0.0024
	(5.89)	(5.07)	(4.97)		0, 8 > 12
A-R	19.88	18.93	17.85	9.26	0.0027
	(3.44)	(3.51)	(3.28)		0, 8 > 12

CON: control R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise

<Table 8>에서 보는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 체지방률의 변화는 유의  
한 차이가 나타나지 않았다.



Figure 3. Comparison of %body fat change among groups.

<Table 8>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 체지방률의 변화는 유  
의한 차이가 나타나지 않았다. 집단별 훈련경과에 따른 체지방률의 변화는 통제 집

단은 훈련 전 보다 훈련 8주 후와 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였고, 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)은 훈련 12주 후가 훈련 전 및 훈련 8주 후 보다 유의하게 감소하였으며, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)도 훈련 12주 후가 훈련 전 및 훈련 8주 후 보다 유의하게 감소하였다(Figure 3).

### 3) 제지방량의 변화

제지방량에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 9>, 집단별 제지방량의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 10> 및 <Figure 4>와 같다.

Table 9. The results of repeated measure ANOVA for LBM.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	40.77	20.38	0.27	0.77
Error(Group)	21	1612.92	76.81		
Term	2	12.47	6.24	7.62	0.0015
Term*Group	4	13.33	3.33	4.07	0.007
Error(Term)	42	34.36	0.82		

<Table 9>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 제지방량의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=0.27, p=0.77$ ] 차이가 나타나지 않았으며, 훈련기간에 유의한 [ $F_{(2, 42)}=7.62, p=0.0015$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=4.07, p=0.007$ ] 차이가 나타났다.

Table 10. Comparison of LBM(kg) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	56.89	55.89	56.83	3.67	0.0522
	(4.00)	(4.31)	(4.81)		
R-A	56.65	57.73	58.70	9.84	0.0021
	(5.98)	(6.55)	(5.66)		
A-R	57.80	58.50	58.76	2.16	0.1521
	(4.18)	(4.79)	(5.14)		



CON: control R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise NS: no significant difference

<Table 10>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 체지방량의 변화는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단별 훈련경과에 따른 체지방량의 변화는 통제 집단은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)은 훈련 전 보다 훈련 8주 후 및 훈련 12주 후에서 유의하게 증가하였으나, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다(Figure 4).

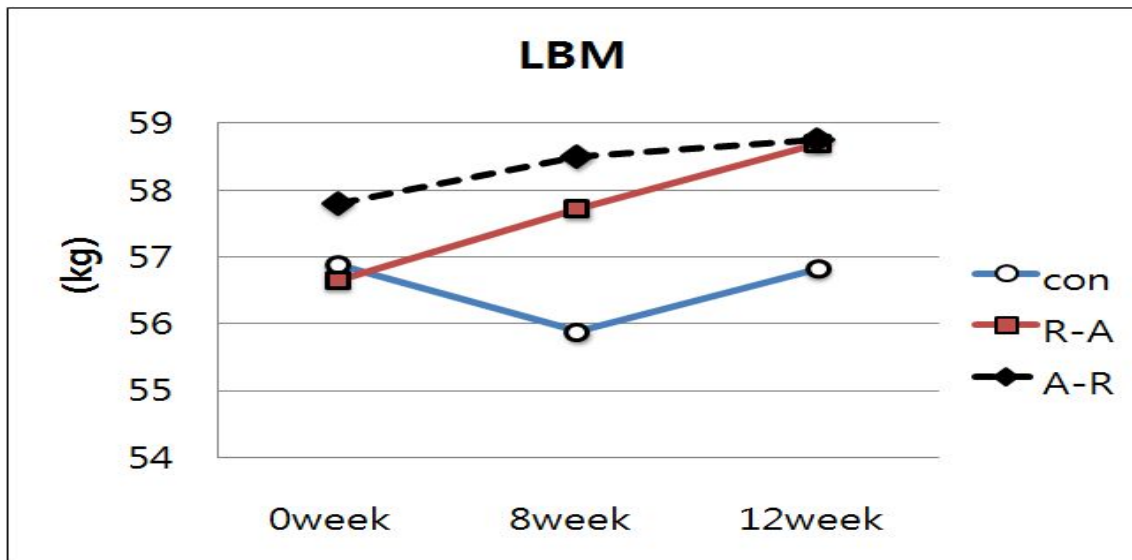


Figure 4. Comparison of LBM change among groups.

#### 4) 유연성의 변화

유연성에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 11>, 집단별 유연성의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 12> 및 <Figure 5>와 같다.

<Table 11>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 유연성의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=6.48, p=0.0064$ ] 차이가 나타났으며, 훈련기간에서도 유의한 [ $F_{(2, 42)}=4.35, p=0.0192$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=8.55, p=0.0001$ ] 차이를 나타내었다.

Table 11. The results of repeated measure ANOVA for sit and reach.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	1364.51	682.25	6.48	0.0064
Error(Group)	21	2209.91	105.23		
Term	2	34.69	17.35	4.35	0.0192
Term*Group	4	136.53	34.13	8.55	0.0001
Error(Term)	42	167.58	3.99		

Table 12. Comparison of sit and reach(cm) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	8.25 <sup>ab</sup>	5.73 <sup>b</sup>	5.61 <sup>b</sup>	2.72	0.1002
	(8.51)	(7.27)	(7.78)		NS
R-A	14.50 <sup>a</sup>	16.01 <sup>a</sup>	17.21 <sup>a</sup>	4.14	0.0386
	(4.44)	(4.42)	(5.64)		0 < 12
A-R	3.99 <sup>b</sup>	7.48 <sup>b</sup>	9.01 <sup>b</sup>	28.38	0.0001
	(6.06)	(4.96)	(4.63)		0 < 8 < 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

<Table 12>에서 보이는 바와 같이 유연성의 변화는 훈련 전에는 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)이 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)보다 유의하게 높았으나, 훈련 8주 후와 12주 후에는 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)이 통제 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)에 비해 유의하게 증가하였다.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 유연성의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았고, 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)은 훈련전에 비해 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였으며, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)은 훈련 전보다 훈련 8주 후, 훈련 8주 후보다 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였음을 알 수가 있었다(Figure 5).

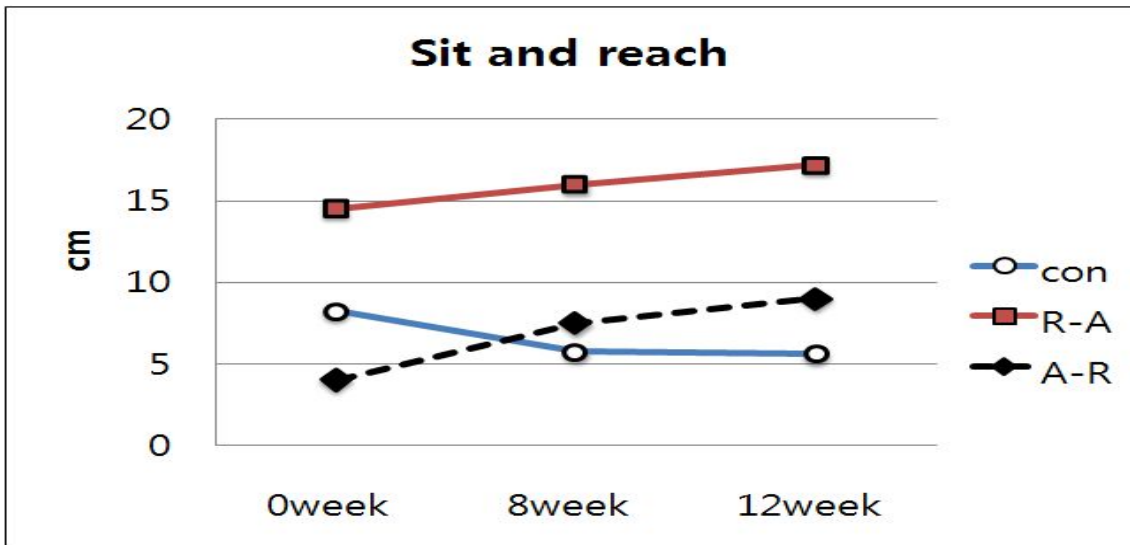


Figure 5. Comparison of sit and reach change among groups.

### 5) 윗몸일으키기의 변화

윗몸일으키기에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 13>, 집단별 윗몸일으키기의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 14> 및 <Figure 6>과 같다.

Table 13. The results of repeated measure ANOVA for bent knee sit-up.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	85.44	42.72	2.64	0.0949
Error(Group)	21	339.88	16.18		
Term	2	133.86	66.93	26.84	0.0001
Term*Group	4	124.72	31.18	12.50	0.0001
Error(Term)	42	104.75	2.49		

<Table 13>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 윗몸일으키기의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=2.64, p=0.0949$ ] 차이가 나타나지 않았으나, 훈련기간에서는 유의한 [ $F_{(2, 42)}=26.84, p=0.0001$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=12.50, p=0.001$ ] 차이를 나타내었다.

한편, <Table 14>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 윗몸일으키기의 변화는 훈련 12주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)과 유산소운동 후 저항

운동 집단(A-R)이 통제 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

Table 14. Comparison of bent knee sit-up(reps) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	26.25	25.00	25.13 <sup>b</sup>	3.37	0.0638
	(3.38)	(3.12)	(2.85)		NS
R-A	26.25	27.50	30.63 <sup>a</sup>	16.06	0.0002
	(3.41)	(2.27)	(1.51)		0, 8 < 12
A-R	23.75	26.63	30.25 <sup>a</sup>	22.18	0.0001
	(2.82)	(1.69)	(2.12)		0 < 8 < 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

집단별 훈련경과에 따른 윗몸일으키기의 변화는 통제 집단은 훈련경과에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 저항운동 후 유산소운동 실시 집단(R-A)은 훈련 전 및 훈련 8주 후 보다 훈련 12주 후에 유의한 증가가 나타났고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)은 훈련 전보다 훈련 8주 후, 훈련 8주 후보다 훈련 12주 후에 유의한 증가가 나타났다(Figure 6).

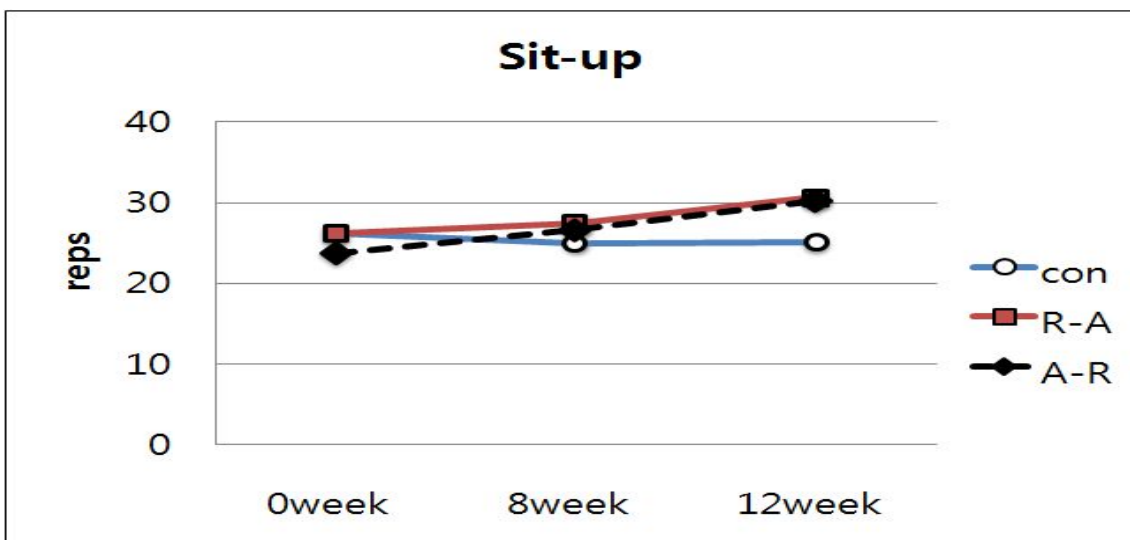


Figure 6. Comparison of bent knee sit-up change among groups.

## 6) 악력의 변화

악력에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 15>, 집단별 악력의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 16> 및 <Figure 7>과 같다.

Table 15. The results of repeated measure ANOVA for grip strength.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	192.38	96.19	1.14	0.3398
Error(Group)	21	1776.92	84.62		
Term	2	276.64	138.32	20.55	0.0001
Term*Group	4	86.95	21.74	3.23	0.0213
Error(Term)	42	282.76	6.73		

<Table 15>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 악력의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=1.14, p=0.3398$ ] 차이가 나타나지 않았으나, 훈련기간에서 유의한 [ $F_{(2, 42)}=20.55, p=0.0001$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=3.23, p=0.0213$ ] 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 16. Comparison of grip strength(kg) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	37.06	37.46	38.24 <sup>b</sup>	0.95	0.4088
	(6.93)	(7.13)	(5.96)		NS
R-A	37.00	41.40	42.96 <sup>ab</sup>	11.42	0.0011
	(4.13)	(3.47)	(5.04)		0 < 8, 12
A-R	37.39	42.78	44.16 <sup>a</sup>	9.75	0.0022
	(7.94)	(4.99)	(4.18)		0 < 8, 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

<Table 16>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 악력의 변화는 훈련 12주 후에 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)이 통제 집단보다 유의하게 높은 것으로 나타났다.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 악력의 변화는 통제 집단은 훈련경과에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)은 훈련 전 보다 훈련 8주 후 및 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)도 훈련 전보다 훈련 8주 후 및 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였다(Figure 7).

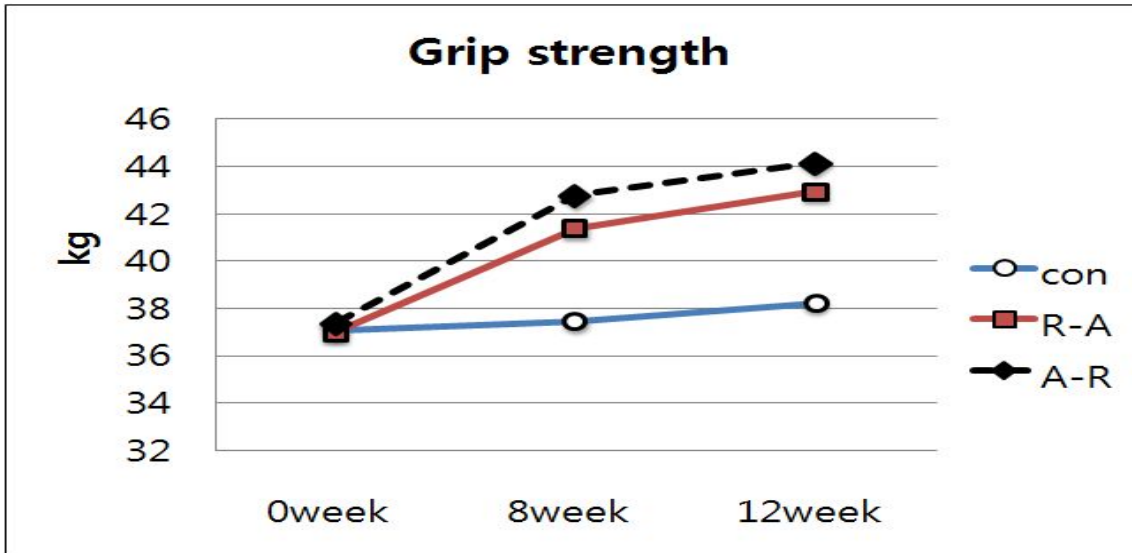


Figure 7. Comparison of grip strength change among groups.

## 7) 배근력의 변화

배근력에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 17>, 집단별 배근력의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 18> 및 <Figure 8>과 같다.

Table 17. The results of repeated measure ANOVA for back strength.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	9644.30	4822.15	2.89	0.0781
Error(Group)	21	35079.81	1670.47		
Term	2	2783.59	1391.80	13.71	0.0001
Term*Group	4	1929.51	482.38	4.75	0.003
Error(Term)	42	4263.56	101.51		

<Table 17>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 배근력의 반복측정 분산분석은 집

단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=2.89, p=0.0781$ ] 차이를 보이지 않았으나, 훈련기간에 유의한 [ $F_{(2, 42)}=13.71, p=0.0001$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=4.75, p=0.003$ ] 차이를 나타내었다.

Table 18. Comparison of back strength change(kg) among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	111.31 (23.30)	109.38 <sup>b</sup> (24.20)	109.81 <sup>b</sup> (25.17)	0.18	0.8412 NS
R-A	117.50 (26.56)	134.16 <sup>a</sup> (25.42)	138.56 <sup>a</sup> (20.90)	10.97	0.0014 0 < 8, 12
A-R	125.25 (21.31)	136.31 <sup>a</sup> (21.33)	151.25 <sup>a</sup> (34.07)	8.13	0.0045 0, 8 < 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

<Table 18>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 배근력의 변화는 훈련 8주 후와 훈련 12주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)과 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)이 통제 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.



Figure 8. Comparison of back strength change among.

집단별 훈련경과에 따른 배근력의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)은 훈련 전보다 훈련 8주 후 및 훈련 12주 후에 유의한 증가가 나타났고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)은 훈련 전, 훈련 8주 후 보다 훈련 12주 후에 유의한 증가를 나타내었다 (Figure 8).

## 8) 최대산소섭취량의 변화

최대산소섭취량에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 19>, 집단별 최대산소섭취량의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 20> 및 <Figure 9>에서 보는 바와 같다.

Table 19. The results of repeated measure ANOVA for VO<sub>2</sub>max.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	1031.03	515.51	3.01	0.071
Error(Group)	21	3598.96	171.38		
Term	2	462.53	231.26	24.46	0.0001
Term*Group	4	320.97	80.24	8.49	0.0001
Error(Term)	42	397.17	9.46		

<Table 19>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 최대산소섭취량의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=3.01, p=0.071$ ] 차이가 나타나지 않았으나, 훈련기간에서는 유의한 [ $F_{(2, 42)}=24.46, p=0.0001$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=8.49, p=0.0001$ ] 차이를 나타내었다.

한편, <Table 20>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 최대산소섭취량의 변화는 훈련 8주 후와 훈련 12주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)과 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)이 통제 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.



Table 20. Comparison of  $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min) change among groups.

Group	training period			<i>F</i>	<i>P</i> -Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	56.38	54.75 <sup>b</sup>	55.63 <sup>b</sup>	1.52	0.2528
	(6.97)	(7.42)	(7.39)		NS
R-A	57.50	64.25 <sup>a</sup>	68.50 <sup>a</sup>	34.12	0.0001
	(10.14)	(9.48)	(9.55)		0 < 8 < 12
A-R	59.63	63.75 <sup>a</sup>	68.00 <sup>a</sup>	7.94	0.0050
	(5.68)	(7.19)	(6.70)		0 < 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

집단별 훈련경과에 따른 최대산소섭취량의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)은 훈련 전보다 훈련 8주 후, 훈련 8주 후보다 훈련 12주 후에 유의하게 증가한 것으로 나타났고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)은 훈련 전 보다 훈련 12주 후에만 유의하게 증가한 것으로 나타났다(Figure 9).

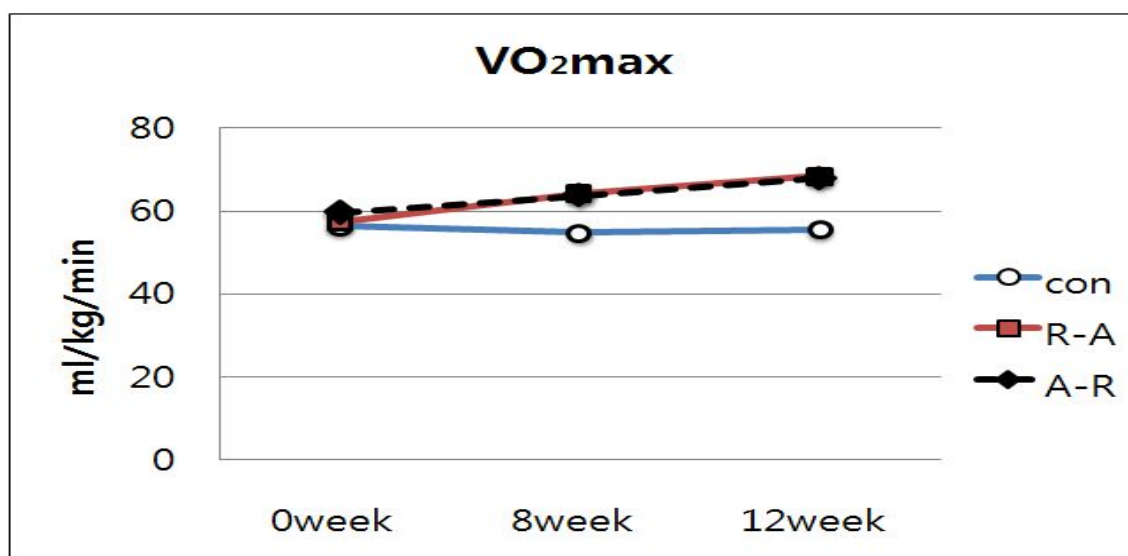


Figure 9. Comparison of  $VO_2\text{max}$  change among groups.

### 9) 무산소성 역치의 변화

무산소성역치에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 21>, 집단별 무산소성역치의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 22> 및 <Figure 10>과 같다.

Table 21. The results of repeated measure ANOVA for AT.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	448.08	224.04	0.87	0.4328
Error(Group)	21	5396.46	256.97		
Term	2	799.75	399.86	28.94	0.0001
Term*Group	4	111.17	27.79	2.01	0.1104
Error(Term)	42	580.42	13.82		

<Table 21>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 무산소성 역치의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=0.87, p=0.4328$ ] 차이가 나타나지 않았으나, 훈련기간에서는 유의한 [ $F_{(2, 42)}=28.94, p=0.0001$ ] 차이를 나타내었고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서는 유의한 [ $F_{(4, 42)}=2.01, p=0.1104$ ] 차이가 나타나지 않았다.

Table 22. Comparison of AT(ml/kg/min) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	36.88	38.88	41.00	2.53	0.1156
	(6.81)	(7.04)	(7.50)		NS
R-A	39.25	45.38	50.38	11.17	0.0013
	(8.23)	(9.10)	(11.84)		0 < 8, 12
A-R	37.38	43.50	46.50	30.06	0.0001
	(9.56)	(11.87)	(13.33)		0 < 8 < 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. NS: no significant difference

<Table 22>에서 보는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 무산소성 역치의 변화는 유의차가 나타나지 않았다.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 무산소성 역치의 변화는 통제 집단은 훈련경과에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)은 훈련 전보다 훈련 8주 후 및 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)도 훈련 전 보다 훈련 8주 및 훈련 12주 후에 유의하게 증가한 것으로 나타났다(Figure 10).

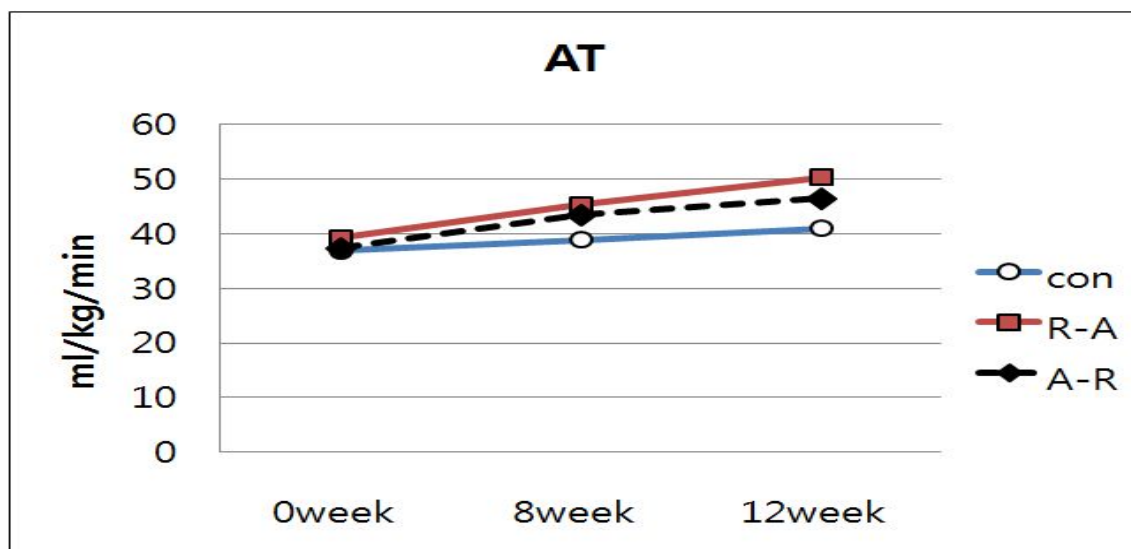


Figure 10. Comparison of AT change among groups.

## 2. 에너지 기질의 변화

Table 23. Changes and differences of energy substrates factors among groups after 12 weeks.(Mean  $\pm$  SD)

Items	Group	n	0week	8weeks	12weeks
Glucose (mg/dL)	CON	8	86.50 $\pm$ 5.09	85.75 $\pm$ 5.31	91.75 $\pm$ 4.98
	R-A	8	82.75 $\pm$ 12.23	93.88 $\pm$ 10.79	88.88 $\pm$ 11.64
	A-R	8	78.38 $\pm$ 6.84	82.38 $\pm$ 8.86	82.75 $\pm$ 6.84
FFA (uEq/L)	CON	8	309.25 $\pm$ 132.27	395.63 $\pm$ 195.32	327.38 $\pm$ 136.43
	R-A	8	567.38 $\pm$ 318.44	396.50 $\pm$ 231.66	475.88 $\pm$ 210.07
	A-R	8	534.25 $\pm$ 345.81	445.38 $\pm$ 150.32	554.00 $\pm$ 117.98
Lactate acid (mg/dL)	CON	8	13.25 $\pm$ 3.10	11.38 $\pm$ 2.62	13.38 $\pm$ 2.93
	R-A	8	22.00 $\pm$ 9.07	18.88 $\pm$ 4.12	12.88 $\pm$ 4.36
	A-R	8	19.88 $\pm$ 10.60	12.50 $\pm$ 5.01	8.88 $\pm$ 3.87

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise

통제그룹(CON), 저항운동 후 유산소운동그룹(R-A), 유산소운동 후 저항운동그룹(A-R)의 운동 전, 운동 8주 후, 운동 12주 후의 에너지 기질(energy substrates)의 차이와 변화는 <Table 23>과 같다.

### 1) 글루코스의 변화

글루코스에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 24>, 집단별 글루코스의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 25> 및 <Figure 11>과 같다.

Table 24. The results of repeated measure ANOVA for glucose.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	805.78	402.89	3.04	0.069
Error(Group)	21	2779.33	132.35		
Term	2	405.86	202.93	4.76	0.0137
Term*Group	4	355.97	88.99	2.09	0.0994
Error(Term)	42	1790.17	42.62		

<Table 24>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 글루코스의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=3.04, p=0.069$ ] 차이가 나타나지 않았으나, 훈련기간에 서는 유의한 [ $F_{(2, 42)}=4.76, p=0.0137$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용 에서는 유의한 [ $F_{(4, 42)}=2.09, p=0.0994$ ] 차이가 나타나지 않았다.

Table 25. Comparison of glucose(mg/dL) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	86.50	85.75 <sup>ab</sup>	91.75	6.95	0.0080
	(5.09)	(5.31)	(4.98)		
R-A	82.75	93.88 <sup>a</sup>	88.88	3.01	0.0818
	(12.23)	(10.79)	(11.64)		
A-R	78.38	82.38 <sup>b</sup>	82.75	1.42	0.2736
	(6.84)	(8.86)	(6.84)		

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between

group. NS: no significant difference

<Table 25>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 글루코스의 변화는 훈련 8주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)이 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

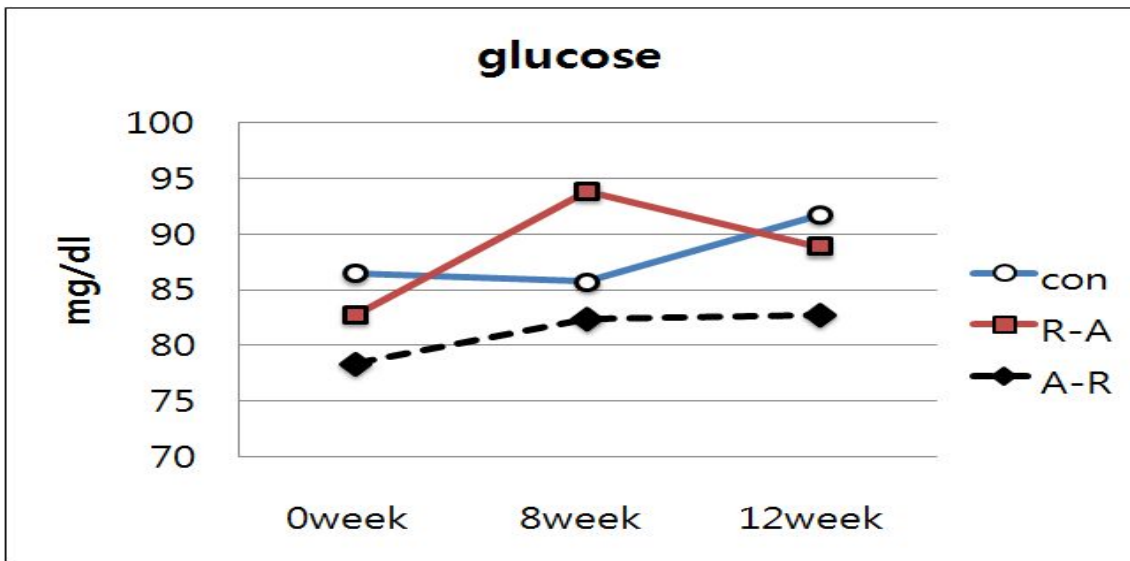


Figure 11. Comparison of glucose change among groups.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 글루코스의 변화는 통제 집단의 경우 훈련 전과 훈련 8주 후에 비해 훈련 12주 후에 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)과 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)의 경우는 두 집단 간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Figure 11).

## 2) 유리지방산의 변화

유리지방산에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 26>, 집단별 유리지방산의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 27> 및 <Figure 12>와 같다.

<Table 26>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 유리지방산의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=2.09, p=0.1492$ ] 차이가 나타나지 않았으며, 훈련기간에 서도 유의한 [ $F_{(2, 42)}=0.80, p=0.4549$ ] 차이를 보이지 않았다. 기간 및 집단에 대한

상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=3.23, p=0.0213$ ] 차이를 나타내지 않았다.

Table 26. The results of repeated measure ANOVA for FFA.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	378885.03	189442.51	2.09	0.1492
Error(Group)	21	1907290.29	90823.35		
Term	2	42021.86	21010.93	0.80	0.4549
Term*Group	4	161728.39	40432.10	1.54	0.207
Error(Term)	42	1099603.08	26181.03		

Table 27. Comparison of FFA(uEq/L) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	309.25 (132.27)	395.63 (195.32)	327.38 (136.43)	2.87	0.0904
R-A	567.38 (318.44)	396.50 (231.66)	475.88 (210.07)	1.57	0.2419
A-R	534.25 (345.81)	445.38 (150.32)	554.00 (117.98)	2.39	0.0785

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

<Table 27>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 유리지방산의 변화는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 유리지방산의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)과 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)에서도 유의한 차이를 나타내지 않았다(Figure 12).

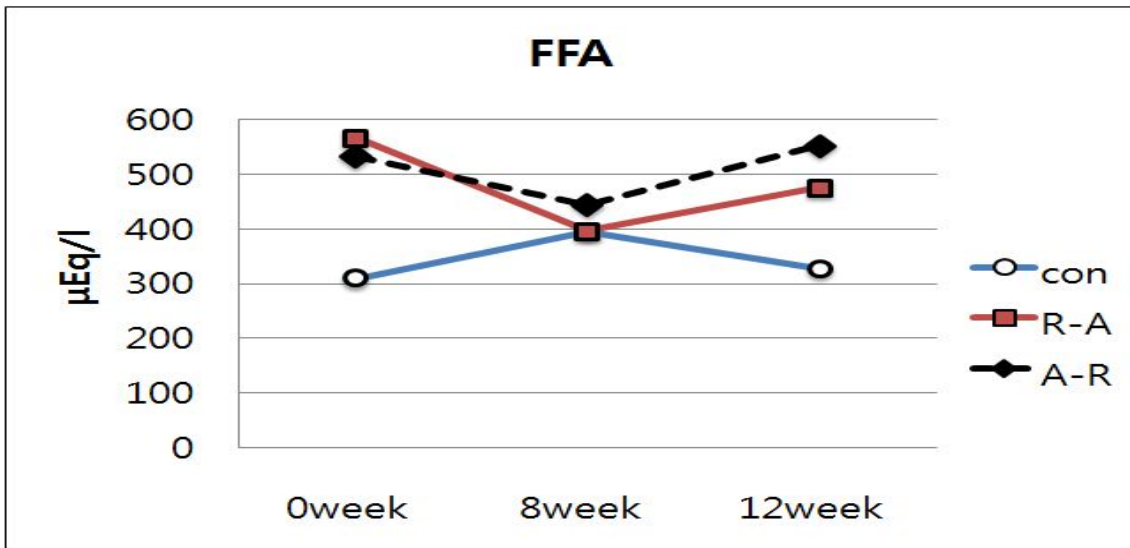


Figure 12. Comparison of FFA change among groups.

### 3) 젖산의 변화

젖산에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 28>, 집단별 젖산의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 29> 및 <Figure 13>과 같다.

Table 28. The results of repeated measure ANOVA for lactate acid.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	404.33	202.17	3.80	0.0389
Error(Group)	21	1116.33	53.16		
Term	2	594.25	297.13	13.08	0.0001
Term*Group	4	266.67	66.67	2.93	0.0316
Error(Term)	42	954.42	22.72		

<Table 28>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 젖산의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=3.80, p=0.0389$ ] 차이를 나타내었으며, 훈련기간에서도 유의한 [ $F_{(2, 42)}=13.08, p=0.0001$ ] 차이를 보였고, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서도 유의한 [ $F_{(4, 42)}=2.93, p=0.0316$ ] 차이를 나타내었다.

<Table 29>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 젖산의 변화는 훈련 8주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)이 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)

및 통제 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

Table 29. Comparison of lactate acid(mg/dL) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	13.25	11.38 <sup>b</sup>	12.38	3.62	0.0541
	(3.10)	(2.62)	(2.93)		NS
R-A	22.00	18.88 <sup>a</sup>	12.88	4.57	0.0297
	(9.07)	(4.12)	(4.36)		0 > 12
A-R	19.88	12.50 <sup>b</sup>	8.88	8.80	0.0034
	(10.60)	(5.01)	(3.87)		0 > 8, 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

한편, 집단별 훈련경과에 따른 젖산의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 저항운동 후 유산소운동 실시 집단(R-A)의 경우는 훈련 전보다 훈련 12주 후에 유의하게 감소하였고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)의 경우는 훈련 전에 비해 훈련 8주와 훈련 12주 후에 유의하게 감소한 것으로 나타났다(Figure 13).

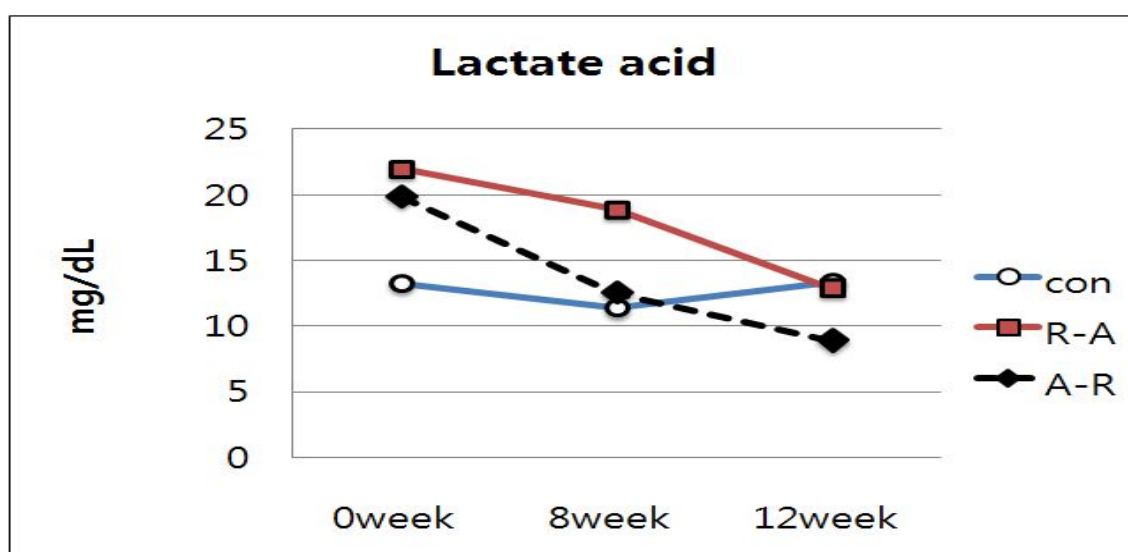


Figure 13. Comparison of lactate acid change among groups.



### 3. 대사관련 호르몬의 변화

통제그룹(CON), 저항운동 후 유산소운동그룹(R-A), 유산소운동 후 저항운동그룹(A-R)의 운동 전, 운동 8주 후, 운동 12주 후의 대사관련 호르몬(metabolic hormone)의 차이와 변화는 <Table 30>과 같다.

Table 30. Changes and differences of metabolic hormones factors among groups after 12 weeks.(Mean ± SD)

Items	Group	n	0week	8weeks	12weeks
Insulin (uIU/mL)	CON	8	15.91±10.26	15.42±11.01	24.69±15.01
	R-A	8	20.04±23.99	37.14±32.31	15.63±16.83
	A-R	8	13.57±9.83	8.21±6.64	4.66±1.94
Testosterone (ng/dL)	CON	8	477.00±83.39	462.60±107.09	514.86±173.29
	R-A	8	575.23±125.42	624.33±179.11	704.42±160.38
	A-R	8	566.09±109.90	655.74±90.37	727.33±98.34
Growth hormone (ng/mL)	CON	8	3.06±4.54	0.80±1.13	1.43±2.61
	R-A	8	0.98±1.44	1.37±1.22	1.50±0.80
	A-R	8	0.11±0.81	1.00±0.75	0.87±0.39
Epinephrine (pg/mL)	CON	8	18.20±16.27	71.19±66.62	31.18±16.82
	R-A	8	30.57±25.03	54.44±19.35	50.79±17.65
	A-R	8	26.99±20.22	60.62±53.34	28.83±24.88
Norepinephrine (pg/mL)	CON	8	139.07±67.87	164.98±91.65	154.49±112.31
	R-A	8	169.86±54.09	171.08±93.99	218.37±81.17
	A-R	8	142.56±62.85	189.18±102.14	258.06±161.72

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise

#### 1) 인슐린의 변화

인슐린에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 31>, 집단별 인슐린의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 32> 및 <Figure 14>와 같다.

<Table 31>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 인슐린의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=2.70, p=0.0902$ ] 차이를 보이지 않았고, 훈련기간에서도 유의한 [ $F_{(2, 42)}=1.19, p=0.3149$ ] 차이를 나타내지 않았으나, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서는 유의한 [ $F_{(4, 42)}=4.17, p=0.0062$ ] 차이를 나타내었다.

Table 31. The results of repeated measure ANOVA for insulin.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	2938.01	1469.00	2.70	0.0902
Error(Group)	21	11407.97	543.24		
Term	2	352.05	176.03	1.19	0.3149
Term*Group	4	2469.88	617.47	4.17	0.0062
Error(Term)	42	6223.78	148.16		

Table 32. Comparison of insulin(uIU/mL) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	15.91	15.42 <sup>b</sup>	24.69 <sup>a</sup>	2.96	0.0846
	(10.26)	(11.01)	(15.01)		NS
R-A	20.04	37.14 <sup>a</sup>	15.63 <sup>ab</sup>	3.14	0.0747
	(23.99)	(32.31)	(16.83)		NS
A-R	13.57	8.21 <sup>b</sup>	4.66 <sup>b</sup>	3.80	0.0480
	(9.83)	(6.64)	(1.94)		0 > 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

<Table 32>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 인슐린의 변화는 훈련 8주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)이 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R) 및 통제 집단에 비해 유의하게 높게 나타났고, 훈련 12주 후에는 통제 집단이 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 인슐린의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았고, 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)에서도 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 유산소 운동 후 저항운동 집단(A-R)에서는 훈련 전에 비해 훈련 12주 후에 유의하게 감소한 것으로 나타났다(Figure 14).

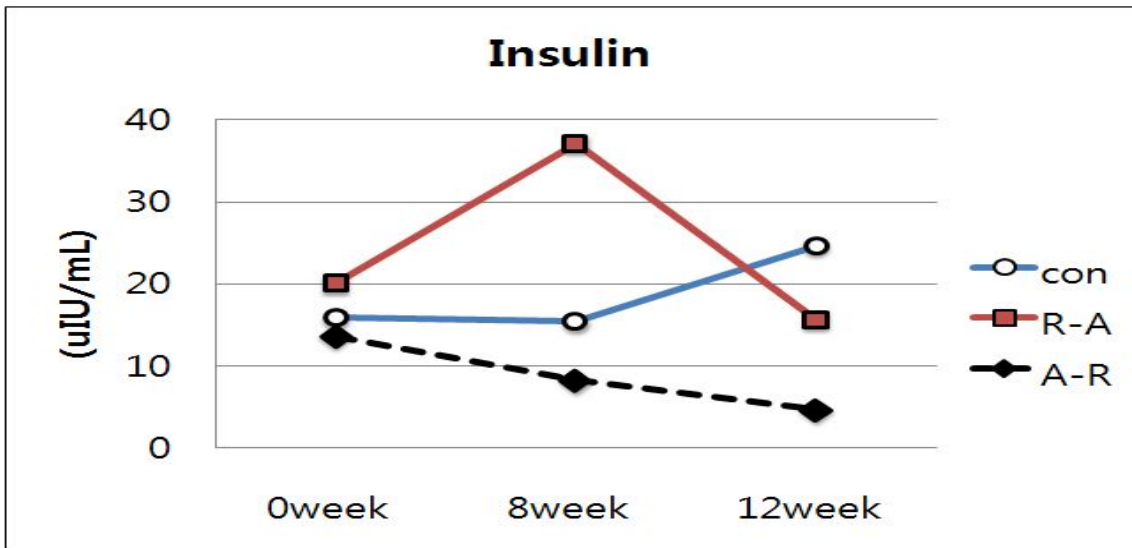


Figure 14. Comparison of insulin change among groups.

## 2) 테스토스테론의 변화

테스토스테론에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 33>, 집단별 테스토스테론의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 34> 및 <Figure 15>와 같다.

Table 33. The results of repeated measure ANOVA for testosterone.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	398323.11	199161.55	4.63	0.0216
Error(Group)	21	904145.15	43054.53		
Term	2	146216.08	73108.04	19.29	0.0001
Term*Group	4	37868.87	9467.22	2.50	0.0609
Error(Term)	42	159140.38	3789.06		

<Table 33>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 테스토스테론의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=4.63, p=0.0216$ ] 차이가 나타났으며, 훈련기간에서도 유의한 [ $F_{(2, 42)}=19.29, p=0.0001$ ] 차이를 보였지만, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서는 유의한 [ $F_{(4, 42)}=2.50, p=0.0609$ ] 차이를 나타내지 않았다.

<Table 34>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 테스토스테론의 변화는 훈련 8주 후와 훈련 12주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)과 유산소운동

후 저항운동 집단(A-R)이 통제 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

Table 34. Comparison of testosterone(ng/mL) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	477.37 (83.39)	462.60 <sup>b</sup> (107.09)	514.86 <sup>b</sup> (173.29)	1.90	0.1865 NS
R-A	575.23 (125.42)	624.33 <sup>a</sup> (179.11)	704.42 <sup>a</sup> (160.38)	9.65	0.0023 0, 8 < 12
A-R	566.09 (109.90)	655.74 <sup>a</sup> (90.37)	727.33 <sup>a</sup> (98.34)	10.92	0.0014 0 < 8, 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

집단별 훈련경과에 따른 테스토스테론의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의하게 변하지 않았으나, 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)의 경우는 훈련 전과 훈련 8주 후에 비해 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)의 경우는 훈련 전에 비해 훈련 8주와 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였다(Figure 15).

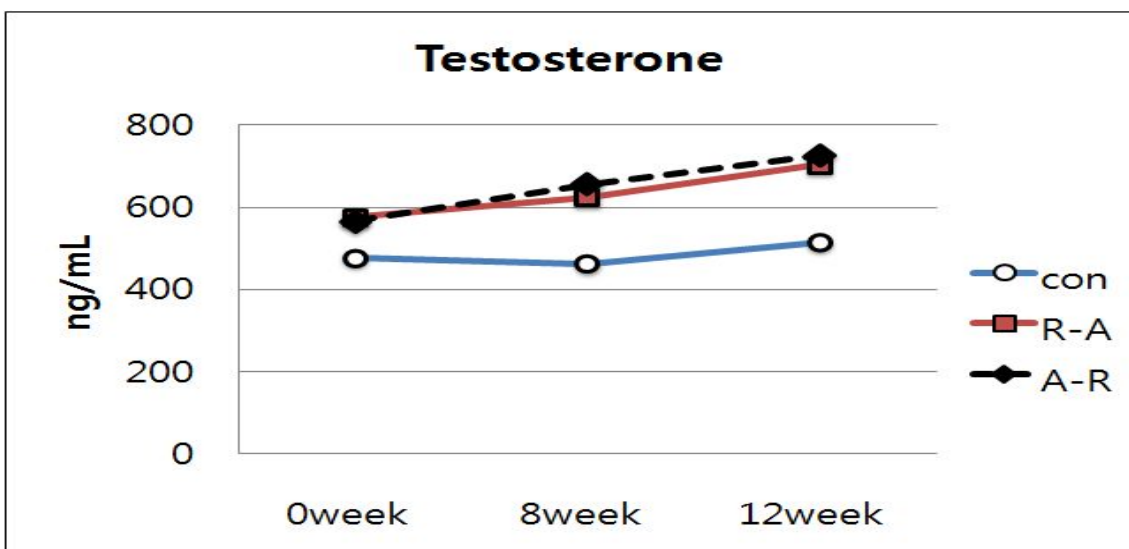


Figure 15. Comparison of testosterone change among groups.

### 3) 성장호르몬의 변화

성장호르몬에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 35>, 집단별 성장호르몬의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 36> 및 <Figure 16>과 같다.

Table 35. The results of repeated measure ANOVA for growth hormone..

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	14.63	7.31	0.89	0.4255
Error(Group)	21	172.54	8.22		
Term	2	1.31	0.65	0.43	0.6502
Term*Group	4	25.18	6.29	4.18	0.0061
Error(Term)	42	63.22	1.51		

<Table 35>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 성장호르몬의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=0.89, p=0.4255$ ] 차이를 보이지 않았으며, 훈련기간에서도 유의한 [ $F_{(2, 42)}=0.43, p=0.6502$ ] 차이를 나타내지 않았으나, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서는 유의한 [ $F_{(4, 42)}=4.18, p=0.0061$ ] 차이를 나타내었다.

Table 36. Comparison of growth hormone(ng/mL) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	3.06	0.80	1.43	2.67	0.1045
	(4.54)	(1.13)	(2.61)		NS
R-A	0.98	1.37	1.50	2.21	0.1463
	(1.44)	(1.22)	(0.80)		NS
A-R	0.11	1.00	0.87	9.42	0.0026
	(0.81)	(0.75)	(0.39)		0 < 8, 12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. NS: no significant difference

<Table 36>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 성장호르몬의 변화는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 성장호르몬의 변화는 통제 집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았고, 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)의 경우도 유의한 차이를 보이지 않았으나, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)의 경우는 훈련 전에 비해 훈련 8주 후와 12주 후에 유의하게 증가하였다(Figure 16).

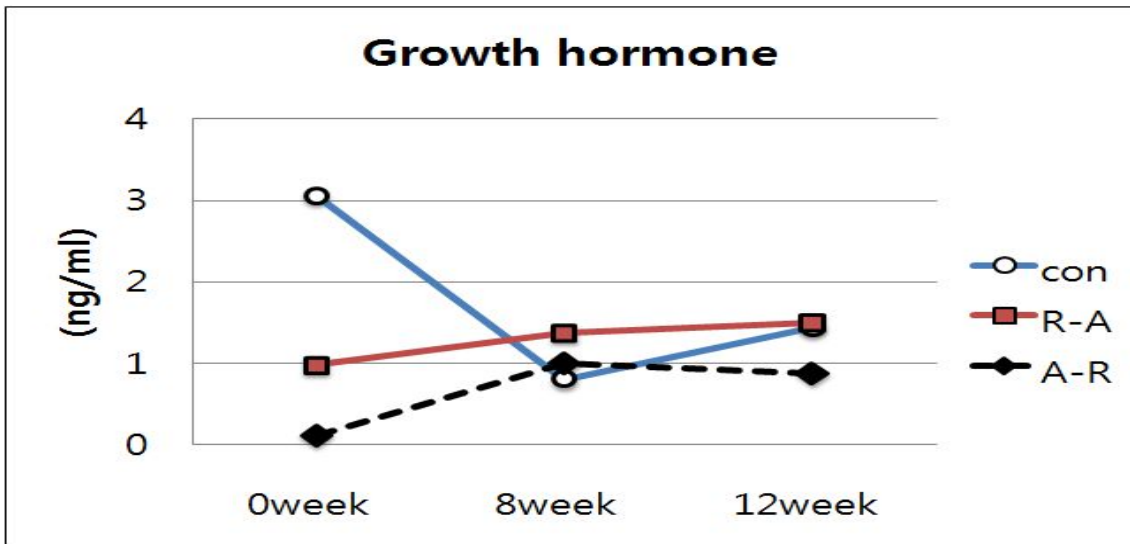


Figure 16. Comparison of growth hormone change among groups.

#### 4) 에피네프린의 변화

에피네프린에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 37>, 집단별 에피네프린의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 38> 및 <Figure 17>과 같다.

Table 37. The results of repeated measure ANOVA for epinephrine.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	1728.35	864.17	0.51	0.6058
Error(Group)	21	35351.61	1683.41		
Term	2	19400.53	9700.27	11.37	0.0001
Term*Group	4	3603.24	900.81	1.06	0.3904
Error(Term)	42	35844.14	853.43		

<Table 37>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 에피네프린의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=0.51, p=0.6058$ ] 차이를 보이지 않았으나, 훈련기간에서

는 유의한 [ $F_{(2, 42)}=11.37, p=0.0001$ ] 차이를 나타내었다. 그러나 기간 및 집단에 대한 상호작용에서는 유의한 [ $F_{(4, 42)}=1.06, p=0.3904$ ] 차이를 나타내지 않았다.

Table 38. Comparison of epinephrine(pg/mL) change among groups.

Group	training period			F	P-Value
	0week	8week	12week		Post-hoc
CON	18.20	71.19	31.18 <sup>b</sup>	5.04	0.0224
	(16.27)	(66.62)	(16.82)		0, 12 < 8
R-A	30.57	54.44	50.79 <sup>ab</sup>	4.77	0.0264
	(25.03)	(19.35)	(17.65)		0 < 8, 12
A-R	26.99	60.62	28.83 <sup>a</sup>	3.80	0.0481
	(20.22)	(53.34)	(24.88)		0 < 8

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. a, b, c: significant difference between group. NS: no significant difference

<Table 38>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 에피네프린의 변화는 훈련 12주 후에 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)이 통제 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

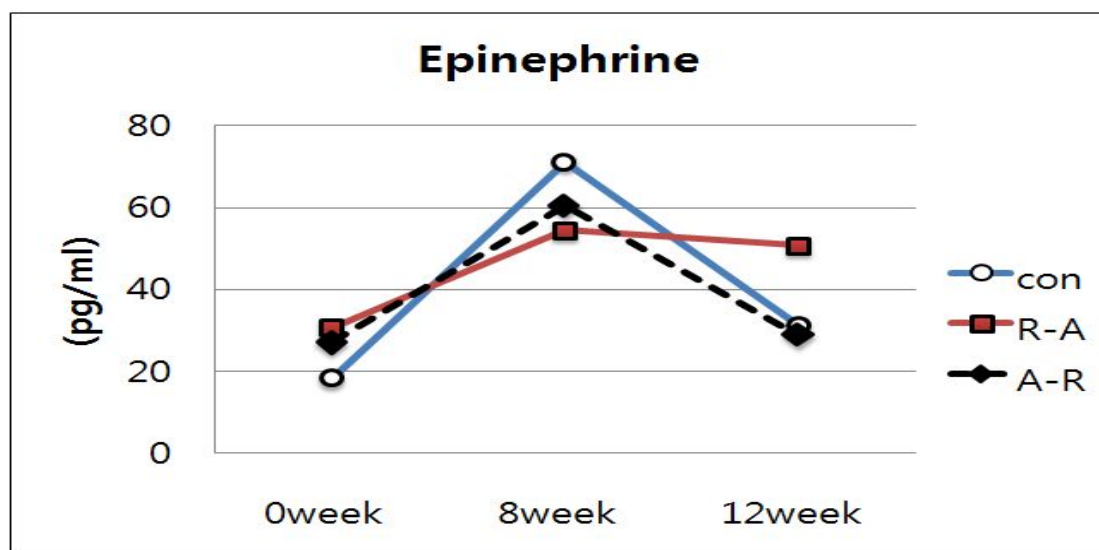


Figure 17. Comparison of epinephrine change among groups.

집단별 훈련경과에 따른 에피네프린의 변화는 통제 집단의 경우 훈련 전과 훈련 12주 후에 비해 훈련 8주 후가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)의 경우는 훈련 전보다 훈련 8주 후, 훈련 8주 후보다 훈련 12주 후에 유의하게 증가하였고, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)의 경우는 훈련 전에 비해 훈련 8주 후에 유의하게 증가하는 것으로 나타났다(Figure 17).

### 5) 노르에피네프린의 변화

노르에피네프린에 대한 반복측정 분산분석 결과는 <Table 39>, 집단별 노르에피네프린의 평균 및 표준편차와 사후검증 결과는 <Table 40> 및 <Figure 18>과 같다.

Table 39. The results of repeated measure ANOVA for norepinephrine.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F-Value	P
Group	2	25167.95	12583.98	0.72	0.5006
Error(Group)	21	369507.82	17595.61		
Term	2	43384.04	21692.02	4.10	0.0236
Term*Group	4	25597.54	6399.39	1.21	0.3207
Error(Term)	42	222030.18	5286.43		

<Table 39>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 노르에피네프린의 반복측정 분산분석은 집단에 따라 유의한 [ $F_{(2, 21)}=0.72, p=0.5006$ ] 차이를 나타내지 않았으나, 훈련 기간에서는 유의한 [ $F_{(2, 42)}=4.10, p=0.0236$ ] 차이를 나타낸 반면, 기간 및 집단에 대한 상호작용에서는 유의한 [ $F_{(4, 42)}=1.21, p=0.3207$ ] 차이를 나타내지 않았다.

<Table 40>에서 보이는 바와 같이 각 집단별 훈련에 따른 노르에피네프린의 변화는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

한편, 집단별 훈련경과에 따른 노르에피네프린의 변화는 통제집단의 경우 훈련경과에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았다. 저항운동 후 유산소운동 집단(R-A)의 경우도 유의한 차이를 보이지 않았으나, 유산소운동 후 저항운동 집단(A-R)의 경우는 훈련 전에 비해 훈련 12주 후에 유의하게 증가한 것으로 나타났다(Figure 18).



Table 40. Comparison of norepinephrine(pg/mL) change among groups.

Group	training period			<i>F</i>	<i>P</i> -Value Post-hoc
	0week	8week	12week		
CON	139.07 (67.87)	164.98 (91.65)	154.49 (112.31)	0.45	0.6445
R-A	169.86 (54.09)	171.08 (93.99)	218.37 (81.17)	1.20	0.3312
A-R	142.56 (62.85)	189.18 (102.14)	258.06 (161.72)	3.49	0.0591 0<12

CON: control. R-A: aerobic exercise after resistance exercise

A-R: resistance exercise after aerobic exercise. NS: no significant difference

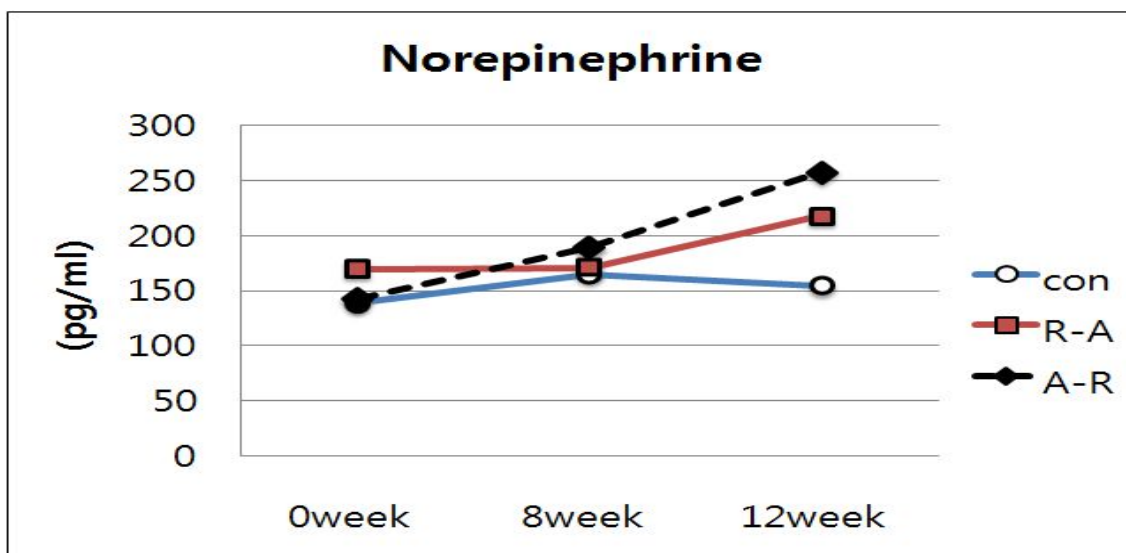


Figure 18. Comparison of norepinephrine change among groups.

## V. 논 의

본 연구는 J시 소재 J대학교 남자대학생 24명을 대상으로 저항운동 후 유산소운동을 하는 그룹과 유산소운동 후 저항운동을 하는 그룹으로 나누어 12주 동안 건강관련 체력(체중, 체지방, 제지방, 유연성, 윗몸일으키기, 악력, 배근력, 심폐지구력, 무산소성 역치), 에너지 기질(글루코스, 유리지방산, 젖산)과 대사관련 호르몬(인슐린, 테스토스테론, 성장호르몬, 에피네프린, 노르에피네프린)의 변화를 관찰하였다. 본 연구를 통하여 관찰된 변인들의 분석 결과를 토대로 다음과 같이 논의하고자 한다.

### 1. 건강관련체력의 차이와 변화

건강관련 체력은 전술한 바와 같이 신체조성, 유연성, 근지구력, 근력 및 심폐지구력으로 구성되어 있다. 이러한 구성 요소들을 순차적으로 설명하면서 아래와 같이 논의하고자 한다.

첫째, 신체조성 또는 신체구성으로 명명하는 Body composition은 크게 체지방량과 제지방량으로 나눌 수 있는데, 체지방은 필수 지방산과 저장지방으로 분류되고, 제지방량은 근육, 뼈, 각종 내장기관, 무기질, 체수분 등을 포함한다. 사실, 신체조성은 건강관련 체력의 중요한 요인으로 건강과 관계가 깊은 것은 체지방과 제지방의 비율이며, 일상생활에서 과잉으로 섭취된 칼로리는 지방으로 전환되어 피하(subcutaneous)에 축적되고 체지방률이 증가되어 여러 가지 성인병을 초래하게 되므로 중요한 요소라 할 수 있다. 신체조성의 결과는 질병에 대한 예후를 살필 수가 있는데, 그에 대한 중재방안(intervention)으로 운동처방에 대한 분명한 기준을 제시하는 것에 공통된 사항을 부여할 수도 있다(백영호 등, 2003).

일반적으로 체중을 감량하기 위해서는 식이요법과 운동요법이 행해지는데 운동요법 중 에서도 지속적인 유산소운동을 통한 체중 감소가 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다(이경자 등, 1997). 체지방률은 체중에 대한 체지방량의 비율을 백분율로 나타낸 것으로 20~25세의 남자 평균 체지방률이 12~15%, 여자는 22~27%정도이다(Wilmore et al., 1994). 유산소와 저항운동은 체지방을 감소하는 것으로 보고되고 있으며, 권영섭(2001), 정성립 등(2003)은 비만여성을 대상으로 복합운동을 실시 후 체지방이 유의하게 감소하였다고 보고하였다. 제지방(LBM)은 주로 단백질, 수

분, 소량의 무기질과 글리코젠으로 이루어져 있고, 모든 내장기관을 포함한다. 체지방이 20%인 사람의 경우 체지방은 80%이며, 수분과 단백질을 포함한 뼈의 전체 무게가 총체중의 12~15% 이긴 하지만 무기질 함량은 총 체중의 3~4% 정도이다(정일규, 2009).

한편, 운동에 따른 체지방량의 변화를 규명하고자 한 이정관(2008)의 연구에 의하면 웨이트트레이닝 후 유산소운동 그룹과 유산소운동 후 웨이트트레이닝운동 그룹 모두 체지방량이 증가하였고, 유산소운동 후 저항운동 그룹에서는 유의한 차이가 있었다고 보고하였다. 김현(2003)은 10주간 복합운동 후 저항운동 후 유산소운동 집단이 유산소운동 후 저항운동 집단에 비해 체지방량이 더욱 증가하였다고 보고하였고, 정재관(2008)은 유산소운동 후 저항운동집단에서는 체지방량이 감소한 반면, 저항운동 후 유산소운동 집단의 경우는 증가하였으나 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

본 연구에서 비만도를 알 수 있는 신체조성은 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 체중에서는 평균 차에 의한 체중감소는 있었으나 유의한 차이가 나타나지 않았고, 체지방률의 변화에서는 두 집단 모두 훈련 8주 후에 유의하게 감소하여 서로 유사한 결과를 나타냈다. 저항운동 후 유산소운동 집단이 훈련 8주 후부터 체지방량이 유의하게 증가하여 프로그램 유형에 의한 결과에서 효과적인 방법이었음을 알 수 있었다. 이는 BMI가 25이상인 여대생을 대상으로 달리기와 저항운동을 순서를 달리한 복합운동을 10주간 실시하여 저항운동 후 유산소운동 집단이 유산소운동 후 저항운동 집단보다 체지방량이 증가하였다고 보고한 김현(2003)의 연구와 유사한 결과였다. 하지만 성인여성을 대상으로 웨이트트레이닝 후 유산소운동 그룹과 유산소운동 후 웨이트트레이닝 그룹으로 나누어 8주간 복합운동 실시 한 후 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 훈련 경과 간에는 두 집단 다 유의한 차이가 나타났다고 보고한 이정관(2008)의 연구와는 다소 차이가 있었다. 이러한 결과의 차이들은 훈련기간 동안 운동으로 인해 체지방은 감소하고 근육량이 증가하였고, 체지방량의 증가로 인한 기초대사량 증가가 에너지소모량을 증가시켜 체중 및 체지방률을 함께 감소시킨 결과라 사료되며, 개인 간 차이와 훈련 기간 및 훈련 시간의 차이에 의한 것이라 사료된다. 또한 본 연구가 비만인을 대상으로 하지 않고 신체 건강한 대학생들을 대상으로 실시하였기 때문에 체중이나 체지방률 변화에 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 그리고 저항운동

을 먼저 실시함으로써 해당과정관련 효소들의 활성도를 증진시키고 근섬유의 크기를 증가시켜 근력과 근비대의 향상을 가져온 것으로 사료된다. 통제 집단은 일상생활을 하는 젊은 대학생으로 특별한 운동 프로그램을 실시하지 않았으므로 체지방이 오히려 증가한 것으로 생각된다.

둘째, 유연성(flexibility)이란 관절의 전가동범위(full range of motion)를 통하여 관절과 근육을 움직일 수 있는 능력을 말하며, 관절구조에 의하여 주로 제약을 받으며 움직임의 크기, 근육과 결합조직의 탄성 및 과도한 체지방에 의해서도 제약을 받지만 스트레칭에 의해서 발달된다(홍순미, 2004). 유연성이 좋은 사람은 육체적 활동에 효과적으로 적응하며, 운동기술의 발전이 보다 빠를 뿐만 아니라 근육의 경직을 예방 할 수 있다(ACSM, 2006). 유연성은 연령에 따라 변하며 남녀 모두 10대 후반부터 20대 초반에 걸쳐 최고 수준에 도달한다. 운동에 따른 유연성의 변화와 관련된 조경환(2009)의 연구에 의하면 유산소운동과 저항운동의 복합운동을 16주간 실시한 18세 청소년들이 유연성에서 유의한 차이가 나타났다고 보고하였으며, 이정관(2008)의 연구에서도 웨이트트레이닝 후 유산소운동 그룹과 유산소운동 후 웨이트트레이닝 그룹 모두에서 유연성이 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

셋째, 근지구력(muscular endurance)은 오랜 시간동안 일정한 근력을 지속적으로 발휘할 수 있는 능력이다. 정경숙(2000), 정성림 등(2003), 조경환(2009)은 유산소운동과 저항운동을 병행한 후 근지구력의 변인인 윗몸일으키기가 유의하게 증가하였다고 보고하였고, 이정관(2008)의 경우도 달리기 후 저항운동 집단과 저항운동 후 달리기를 실시한 집단 모두에서 근지구력이 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

넷째, 근력(muscular strength)이란 1회적 최대수의적 근수축능력을 말한다(지용석 등, 2010). 근력은 지속적인 외부저항, 다양한 저항, 그리고 운동과 세트수, 반복수를 다양하게 복합한 등속성 트레이닝 프로그램에서 남녀 모두 체지방을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(정재관, 2008; Kraemer, 1998). 본 연구의 방법과 유사한 정재관(2008)의 연구에 의하면 유산소운동 후 저항운동 집단과 저항운동 후 유산소운동 집단 모두에서 근력이 증가하였으나 두 집단 간에 유의한 차이는 나타나지 않았다고 보고하였다.

다섯째, 심폐지구력이란 지속적인 운동부하에 대해 오랫동안 견딜 수 있는 심장과 폐의 능력을 말한다(지용석 등, 2010). 사실, 운동부하를 증가시키면 산소섭취량은 증가하는데 어느 시점에 가서는 운동의 부하가 증가함에도 불구하고 산소섭취량

이 증가하지 않는다. 이때의 산소섭취량을 최대산소섭취량라고 판정한다(Wasserman, 1984). 최대산소섭취량은 심폐지구력이나 유산소성 훈련효과의 평가척도로서 널리 이용되고 있으며, 호흡 순환계를 포함한 산소운반 기능에 초점을 맞춘 심폐기능의 적성을 측정하는 기준이 되는 지표로 간주되어 왔다(Snell et al., 1984). 최대산소섭취량은 점증적 최대 부하운동을 통하여 탈진 상태의 산소섭취량으로 결정하게 되는데, 1분간에 소비할 수 있는 산소의 최대량으로 유산소계의 파워 또는 능력으로써 심폐기능 향상을 위한 트레이닝 효과의 평가척도로 널리 인정되어 왔다(김기봉 등, 1998).

본 연구에서 체력요소의 변화는 유연성, 근지구력, 근력, 심폐지구력에서 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 통제집단보다 유의하게 증가하여, 프로그램 유형에 의한 효과 비교에서는 두 집단이 유사하였으나, 유연성에서는 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 프로그램이 유산소운동 후 저항운동 집단보다 유의하게 높게 나타나 체력요소 중 유연성 강화를 위해서는 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 프로그램이 더 긍정적인 효과가 있었다. 이러한 결과는 먼저 저항운동을 하면서 생기는 근 피로물질인 젖산이 유산소운동 시 에너지로 사용되면서 젖산축적이 덜 된 결과라 사료되고, 프로그램 실시 전·후 실시하는 스트레칭을 통해 근육이 유연해지고 관절이 탄력성이 좋아진 결과로 생각되며, 이는 이정관(2008)의 연구와도 유사한 결과였다. 저항운동은 해당관련 효소들의 활성도를 증가시키고 근육 내 APT와 인산크레아틴 저장량 및 근섬유의 크기를 증가시켜 근력향상을 증가시키는데, 이러한 효과가 운동프로그램에 관계없이 두 집단 모두 근력향상과 근지구력 향상을 가져왔고, 유산소운동이 심폐지구력을 향상시킨 결과라 사료된다. 그리고 운동 순서에 관계없이 혈중 젖산 농도가 휴식 시 수준 이상으로 증가되기 시작하는 시점인 무산소성 역치의 변화가 8주 이상의 훈련으로 지구력향상에 긍정적인 효과가 있음을 시사한다. 두 집단이 유사한 결과를 나타낸 것은 운동 프로그램 유형만 달리 하였을 뿐 저항운동과 유산소운동의 운동시간과 운동강도를 같이 하였기 때문에 얻어진 결과라 사료된다. 이상의 결과에서 볼 때 일정 시간과 강도에서의 운동은 두 집단간에 효과가 유사하므로, 저항운동의 경우 집중 분할 운동으로 프로그램을 시행할 경우 근비대 및 근력향상에 더 긍정적인 효과를 기대할 수 있을 것이라 기대되며 유산소운동도 운동시간을 늘렸을 때 체지방의 변화 및 심폐기능 향상에 더 효과가 있을 것으로 생각된다.

## 2. 에너지 기질의 변화

본 연구에서 에너지 기질은 글루코스, 유리지방산 및 젓산으로 한정하여 실험에 임하였다. 이러한 구성 요소들을 순차적으로 설명하면서 아래와 같이 논의하고자 한다.

첫째, 글루코스는 장에서 흡수되고 간에서 재생과 글리코젠으로 합성 및 분해된다. 또한 말초조직에서 글루코스가 에너지로 이용된 후 신장에서 배설된다. 혈액에서 글루코스는 대부분 운동 시 그 생산량이 증가하기 때문에 운동 직후의 글루코스 함량이 안정 시보다 20% 이상 증가하며, 혈중 글루코스는 장시간의 주 운동에너지로서 근육 내 글리코젠은 짧은 시간동안의 주 운동에너지로 활용된다(Stamford et al., 1981).

둘째, 유리지방산의 경우 혈중 유리지방산은 유산소운동 시 중요한 에너지원으로 혈중 유리지방산의 농도는 지질 대사를 결정하는데 주요인이며, 혈중 지질대사를 촉진시키기 위해서는 고강도 운동보다는 저강도의 유산소운동을 지속해야 효과적인 것으로 알려져 있다(오유성 등, 2002; 유재현, 2003). 유리지방산은 많은 인체기관에서 연료로 사용되며 그 중 심장, 골격근, 간의 주요한 연료로 이용되고 있다(김동준, 2002). 박정수(2009)는 남녀대학생 10명씩을 대상으로 유산소성과 저항운동 순서가 대사적 변인에 미치는 영향에 대한 연구에서 저항운동 후 유산소운동을 하는 것이 유리지방산 동원을 유의하게 높이는 것으로 보고한 바 있으며, 김기연(2009)도 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 것이 유리지방산의 농도를 증가시킨다고 하였다. 복합운동 중 두 가지 운동간 휴식시간이 짧은 경우 혈중 유리지방산 농도가 크게 증가할 수 있기 때문에 지방의 에너지원 사용이 보다 유리할 수 있으며, 저항운동 후 유산소운동이 지질대사에 유리한 운동의 형태라고 보고한 Goto 등(2007)의 연구와 모두 유사한 것으로 생각된다.

셋째, 혈중 젓산축적은 근피로와 운동 강도를 직접적으로 반영하는 것으로 알려져 있다. 운동의 강도가 높고 힘든 운동 중에는 젓산이 대사화되지 못하고 혈관으로 확산되어 혈중 젓산농도가 높아지게 된다. 젓산의 생성이 주로 산소공급이 부족한 상태인 운동 초기나 높은 운동 강도 시에 축적되지만 해당과정(glycolysis)에서 생성되는 초성포도산이 미토콘드리아에서 산화되는 초성포도산에 비해 클 때 초성포도산은 젓산탈수소효소(lactate dehydrogenase, LDH)의 촉매작용을 통해 젓산으로

전환되어 축적된다. 생성된 젖산은 간과 근육에서 글루코스로 재합성 되거나 필요 시 초성포도산으로 재 전환되어 에너지원으로 이용되므로, 현재 학계에서는 젖산을 주로 빠른 에너지 요구를 충족시키기 위해 생성되는 필요 불가분의 에너지 기질로 보고 있으며, 높은 강도에서 지속적인 운동을 할 때 유용한 에너지원으로 재이용되는 에너지 기질로 여겨지고 있다(백일영, 2006). 혈중 젖산농도는 피로와 관련된 자각증상의 변화와 관계되는 것으로 이는 신체 전반의 대사보다도 근육 1 cm<sup>2</sup>당의 대사율에 더욱 민감하게 변화하며 혈중 젖산축적은 근 피로와 운동 강도를 직접적으로 반영하는 것으로 알려져 있다. 가벼운 중강도의 운동 시에는 산소공급이 원활하므로 빠른 젖산의 증가는 나타나지 않지만 강도가 높고 힘든 운동 중에는 젖산이 대사화되지 못하고 혈관으로 확산되어 혈중 젖산농도가 매우 높아지게 된다(Fox et al., 1971). 김성수(2009)는 유산소운동 후 저항운동 순서로 운동할 때보다 저항운동 후 유산소운동 순서로 운동할 때가 젖산농도가 낮게 나타났다고 보고하였다.

본 연구에서 에너지 기질의 요소인 글루코스와 유리지방산의 경우 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 유의한 차이는 나타나지 않았다. 각 집단별 훈련에 따른 글루코스의 변화는 훈련 8주 후에 저항운동 후 유산소운동 집단이 유산소운동 후 저항운동 집단보다 유의하게 높게 나타났다. 이는 김기연(2009), 김현(2003), 한창수(2007)와 유사한 결과이며, 이러한 결과는 운동 순서에 따라 사용되는 에너지원이 다를 수 있음을 의미한다. 고강도 무산소성 저항운동의 경우 에너지원으로써 지방의 사용보다 근육 내 저장되어 있는 글리코겐의 사용이 훨씬 높으며(Robergs et al., 1991; Tesch et al., 1998), 복합운동 시 혈당의 증가와 유리지방산의 증가를 촉진시키는 효소의 활성화가 글루카곤의 농도를 증가시킨 결과로 여겨진다. 본 연구에서는 두 집단이 유사한 결과를 나타냈지만 저항운동을 먼저 실시할 경우가 지방의 에너지원 이용보다는 글루코스에 의한 에너지 발생이 더 높아 근력 및 지구력 향상에 긍정적으로 반응할 것으로 사료된다. 반면, 훈련기간에 변화를 보인 유리지방산의 경우 유산소성 운동이 지방대사의 사용을 높여 혈중 유리지방산의 동원을 증가시키고, 근육의 유리지방산의 이용비율을 초과하게 만들어 혈중 유리지방산의 농도가 점진적으로 증가된 것으로 생각되며, 이로 인해 유산소운동을 먼저 실시하는 것이 유리지방산의 변화에 긍정적인 효과를 미친다는 사실을 암시하고 있는 것으로 생각된다.

젖산의 변화에서 저항운동 후 유산소운동 집단(0> 12주)과 유산소운동 후 저항운

동 집단(0>8주, 12주)이 모두 통제집단보다 유의하게 감소하였으나, 프로그램 유형에 의한 차이는 두 집단이 유사하였다. 이러한 결과는 운동 중 근육에서의 젖산생성과 이용은 운동강도, 운동형태, 혈류량 등에 따라 달라질 수 있는데, 본 연구에서는 두 집단이 운동 순서만 다르게 하였을 뿐 운동강도 및 운동시간은 동일하게 적용하였기 때문이라 사료된다. 또한 저항운동에 의해 체력수준이 증가하게 되면 똑같은 운동부하를 훈련 후에는 낮은 강도로 받아들이기 때문에 젖산생성이 감소하였다고 생각되고, 훈련에 따른 젖산생성의 감소는 지방의 사용증가와 젖산으로 전환되는 pyruvate 비율의 감소에 기인한 것으로 보여지며, 김성수(2009), 이세원(2001), Bowen 등(1976)의 선행연구와 유사한 결과를 시사했다.

### 3. 대사관련 호르몬의 차이와 변화

본 연구에서 대사관련 호르몬은 인슐린, 테스토스테론, 성장호르몬, 카테콜라민으로 한정하여 실험에 임하였다. 이러한 구성 요소들을 순차적으로 설명하면서 아래와 같이 논의하고자 한다.

첫째, 인슐린(insulin)은 췌장의 랑게르한스섬에 있는  $\beta$ 세포에서 분비되며, 카테콜라민, 코티졸(cortisol), 글루카곤(glucagon), 성장호르몬 등과는 반대로 세포에서 탄수화물, 지방 단백질의 합성 및 저장의 활동을 주도하는 역할을 수행한다. 인슐린은 글리코겐의 분해보다는 합성을 촉진하는 대표적인 호르몬으로 혈중 글루코스의 농도를 낮추는 유일한 호르몬이다. 인슐린은 글리코겐, 단백질, 지방과 같은 에너지 기질들을 인체 세포조직에 흡수하고 저장하는 과정을 촉진한다(Pilkis et al., 1988). 인슐린 분비는 운동 시 에너지가 필요한 상황에서는 감소하게 되는데, 안정 시에는 인슐린의 분비가 정상적인 항정상태(homeostasis)로 돌아오며, 음식을 섭취하게 되면 분비가 증가된다(백일영, 2006). 인슐린은 간 및 근육 글리코겐 분해와 지방조직에서 지방분해를 억제하는 작용을 하고 근육과 지방에서 글리코겐 합성에 중요한 역할을 한다. 운동 중 혈중 인슐린 농도는 감소되고 활동 근육의 글루코스 흡수는 증가된다(나재철 등, 2000; 정재관, 2008). 비만인의 경우 인슐린반응이 감소가 인체에서 인슐린 수용의 감소와 연결된다는 것을 감안할 때 장기간 운동에 의한 체중조절이 인슐린 민감성을 증진시켜 당뇨병 예방에 도움을 줄 수 있다. 복합운동과 인슐린의 관계에서 최춘길(2003)은 비만 남자 중학생을 대상으로 유산소운동과 근 저항



운동을 병행해 8주간 실시 후 유의한 감소를 나타냈다 하였고, 김정규 등(2007)은 유산소운동과 저항운동을 병행한 복합운동 수행이 인슐린 수치를 낮춰 인슐린 저항성을 감소시키는 것으로 보고하였다. 또한 김현(2003)은 10주간 여대생들을 대상으로 복합운동 실시 후 유산소운동 후 저항운동 집단이 유의하게 감소하였다고 하였고, 반면, 복합운동 후 유의한 차이가 없었다고 박소영(2003), 유병강(2005), Winder 등(1979)은 보고하였다.

둘째, 테스토스테론(testosterone)은 인체에서 근질량의 증가와 같은 근 단백질 합성에 기여하는 호르몬이다(Ferrando et al., 1998; Fryburg et al., 1993). 테스토스테론은 단백질 합성 촉진과 단백질 파괴를 감소시켜 근육의 발달과 성장을 촉진시킨다. 혈청 테스토스테론의 증가를 유발하는 운동의 형태로는 대근육 운동, 고저항의 운동(1RM의 85~95%), 많은 반복횟수와 많은 세트 수, 짧은 휴식주기(30초~60초) 등을 들 수 있다(유재현, 2003; Tomas et al., 2000).

운동 시 나타나는 테스토스테론의 분비 변화는 운동 강도, 기간, 형태 그리고 개인차에 따라 다양한 차이를 보이고 있는데, 단시간 운동 시에 증가한다고 보고되고 있는 연구(Kraemer, 2005; Tremblay et al., 2004)와 장시간 운동 시에는 약간 감소한다고 보고하는 연구(Wheeler, 1991) 등이 있다. 선행연구에 따르면 훈련에 의해 테스토스테론의 분비가 증가되지 않거나(Consitt et al., 2002; Gullledge et al., 1996), 감소된다(Wade et al., 2005)고 보고되기도 하였다. Ilias 등(2003)과 McCall 등(1999)에 따르면 저항운동 후 테스토스테론의 변화가 나타나지 않았다고 보고한 반면, Kraemer 등(1990)과 Nindl 등(2001)의 경우는 저항운동을 통해 성장호르몬과 함께 테스토스테론이 증가하였다고 보고한 바 있다. 운동순서에 의한 테스토스테론의 변화는 김기연(2009), Goto 등(2005)은 유산소운동 후 저항운동을 실시한 경우가 테스토스테론의 농도변화가 유의한 차이를 보였다고 하였다.

셋째, 성장호르몬(growth hormone)은 지방세포에 작용하여 지방세포로부터 유리지방산의 방출을 증가시키고, 혈중 유리지방산의 증가와 세포에서 아세틸보효소A를 증가시키고, 에너지 생성을 위한 지방 대사를 촉진시킨다. 또한 저항운동으로 인해 세포 상의 단백질 합성과 아미노산 흡수를 증가시켜 type I 과 type II 근섬유의 근비대를 일으킨다(Tomas et al., 2000). 성장호르몬은 운동 시에 지방산의 이용을 촉진시켜 지방층으로부터 유리지방산의 분해가 증가되어 지방의 산화를 촉진시킨다(정재관, 2008; Gertner, 1993). 성장호르몬의 분비는 산소공급비율이 이용비율을 초

과하고 지구력 훈련의 경우 증가한다. 특히, 지구성 운동(Consitt et al., 2002; Pritzlaff et al., 1999; Weltman et al., 2000)과 저항성 운동(Consitt et al., 2002; Kraemer et al., 2005)은 성장호르몬의 분비를 증가시킨다. 운동에 의한 성장호르몬 분비의 상승은 지방세포로부터 지방산의 운반을 증가시키고, 혈중 지방산 수준을 높여 탄수화물 대신 운동 중 근육의 연료공급에 도움을 준다. 일반적으로 운동 강도가 높고 지속시간이 길어질수록 더욱 많은 성장호르몬이 혈중에 축적되는데, 성장호르몬의 분비는 연령, 비만, 체온, 약물복용 등에 의해서 반응이 변화될 수도 있다(백일영, 2006). 운동시 훈련된 선수들에 있어 혈중 성장호르몬의 분비가 감소되는 경향이 있다고 보고되고 있다(Chwalbinska et al., 2005; Hadzovic et al., 2004). 이러한 적응은 아마도 부분적으로는 훈련된 사람에게 있어 대사적 효율성의 증가와 훈련의 적응에 의해서 운동스트레스를 줄이는 효과가 있기 때문인 것으로 생각된다. 한편, 혈중 성장호르몬의 수준을 증가시키는 요인으로 운동강도, 운동량, 혈중 젖산농도, 저산소증 등이 제시되고 있다(유재현, 2003; 장용수 등, 2003; Bouissou et al., 1987).

저항운동에 따른 성장호르몬의 분비는 근력강화를 포함한 다양한 형태의 운동, 트레이닝의 강도 및 방법에 따라 달라질 수 있다고 보고되고 있다(정재관, 2008; Kraemer, 1998; Zachwieja, 1996). 이러한 맥락과 일치하는 Hakkinen 등(2000)의 연구에 의하면 30대와 60대를 대상으로 10주간 근 파워트레이닝 프로그램을 실시한 결과 두 집단 모두에서 성장호르몬 농도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 정재관(2008)은 20대 남자를 대상으로 실시한 복합운동 순서 중 저항운동 후 유산소운동 집단이 유의하게 증가하여 성장호르몬을 증가시키는 유용한 방법이라 하였다. 을 실시한 경우가 테스토스테론의 농도변화가 유의한 차이를 보였다고 하였다.

넷째, 에피네프린과 노르에피네프린은 카테콜라민(catecholamines)으로 총칭되며, 교감신경계의 말단과 부신수질에서 분비된다. 카테콜라민은 주로 운동과 같은 외부에서 오는 스트레스에 민감하게 반응하는 호르몬이고, 탄수화물, 지방과 같은 에너지원의 동원을 증가시키며, 골격근, 심장, 뇌 등 중요한 기관에서의 스트레스 대응 활동으로 인한 에너지 요구 시 분비량이 증가한다. 카테콜라민은 순환하는 식이 지단백의 중심에 있는 중성지방을 가수분해시켜 유리지방산이 나오도록 하는 리포프로테인 리파제(lipoprotein lipase; LPL) 효소의 활성을 증가시킴으로써 운동과 금식시에 근육으로 유리지방산의 섭취를 자극한다(Borer, 2003; Broun Severson, 1992).

에피네프린은 간과 근육에 저장되어 있는 당원질을 분해하여 혈중 글루코스 농도를 상승시키고 지방산을 유리하여 혈중 지방산 농도를 증가시켜 대사를 촉진시킨다(Dearman et al., 1983). 박상갑 등(2001)은 여성을 대상으로 16주 40분씩 트레드밀 달리기를 실시한 결과 에피네프린과 노르에피네프린이 유의하게 감소하였다 하였고, 정재관(2008)은 20대 남자를 대상으로 실시한 복합운동 순서 중 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동집단 모두 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또한 저항운동 후 유산소운동 집단이 노르에피네프린 농도가 더 높게 증가하였다고 보고하였다. 일반적으로 혈장 에피네프린과 노르에피네프린의 농도는 최대 산소소비량의 50% 이하의 약한 강도 운동에서 쉽게 나타나며, 최대 운동 강도에서는 근육의 글리코겐분해(glycogenolysis)와 지질분해(lipolysis)에 의해서 2~6배 까지 증가하게 된다(Langfort et al., 2000). 운동과 카테콜라민에 대한 선행연구를 보면 운동 강도와 스트레스 자극 정도에 따라 카테콜라민 수준은 비례적으로 증가하며(Favier, 1983; Lehmann, 1982), 동맥 내 혈장 에피네프린과 노르에피네프린 수준은 동적 운동뿐만 아니라 정적 운동 시에도 시간과 운동 강도 증가에 따라 직선적으로 증가하며, 노르에피네프린은 낮은 부하의 운동 강도에서 에피네프린보다 현저하게 증가하는 것으로 보고되고 있다(유재현, 2003; Galbo et al., 1979).

선행연구 결과에서 훈련에 의해 카테콜라민 분비가 동일한 형태의 절대강도의 운동에서 감소하는 것으로 보고되었고(Chwalbinska et al., 2005), 이것은 신체적 훈련 후 운동 중에 교감신경계의 활성화 정도가 감소되는 것을 의미하며, 동일한 절대강도의 운동에서 나타나는 생리적, 심리적인 스트레스의 감소에 의한 것이다(백일영, 2006).

교감신경계에서 분비되는 노르에피네프린은 인체의 발열 활동과 대사에 중요한 역할을 수행하는데, 노르에피네프린 분비의 감소는 열 생성과 대사량의 감소를 통해 나타나고, 지방 축적의 결과로 비만의 원인이 되기도 한다. 이러한 카테콜라민의 반응은 교감신경계의 운동수행 유지를 위한 노력의 증가와 관련이 있다.

본 연구에서 테스토스테론과 에피네프린의 변화는 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 훈련 8주 후 통제 집단보다 유의하게 높게 나타나 유사한 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 선행연구 결과와 일부 유사한 결과를 나타내었는데, 20대 남자를 대상으로 실시한 복합운동 순서 중 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 유의하게 증가했다는 정재관

(2008)의 연구와 유사한 결과였으며, 근 비대 및 단백질 합성작용을 하는 테스토스테론 합성에는 운동 순서와 관계없이 복합운동의 형태가 효과적이라 생각된다. 궁극적으로 테스토스테론의 증가는 운동 순서에 관계없이 8주 이상의 훈련에서 모두 증가하였으므로, 근육발달 및 성장을 위해서는 8주 이상의 복합운동을 실시하여야 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있으며, 단백질의 합성과 근비대를 초래하는 테스토스테론의 합성은 운동의 순서와 관계없이 복합운동의 형태가 효과적인 것으로 결론지어 볼 수 있다. 그리고 운동순서에 관계없이 8주 이상의 복합운동 프로그램을 통해 에피네프린이 증가가 지방 대사를 증진시키는데 긍정적인 효과를 가져왔을 것이라 사료된다.

또한 본 연구에서 유산소운동 후 저항운동 집단이 인슐린의 변화에서 유의하게 감소하였고, 성장호르몬과 노르에피네프린은 유의하게 증가하여 프로그램 유형에 의한 결과에서 더 긍정적인 효과가 있었다. 이러한 인슐린의 감소는 근세포막의 인슐린 수용체에 결합됨으로써 포도당을 세포내로 이동시켜 대사되거나 글리코젠으로 저장되도록 하여 체지방의 감소와 함께 인슐린 감수성이 증가되었기 때문이라고 생각된다. 또한 그룹의 낮은 인슐린 농도는 체지방의 감소와 지방분해 효소의 활성화 때문이라 보여지며, 유산소운동으로 인한 체지방의 감소 및 지방분해 효소의 활성화와 보다 많은 지방의 산화를 유도하려는 훈련 효과의 반영 때문이라 생각된다. 성장호르몬의 분비는 연령, 체중 등에 의해 반응이 변화될 수 있는데, 대사적 효율성의 증가와 훈련적응에 의해서 운동 스트레스를 줄이는 효과가 있기 때문이다. 본 연구에서는 20대 남자를 대상으로 실시한 복합운동 순서 중 저항운동 후 유산소운동 집단이 유의하게 증가하여 성장호르몬을 증가시키는 유용한 방법이라 보고한 정재관(2008)의 연구와는 다소 상반된 결과를 보였다. 하지만 유산소운동에 의한 성장호르몬 및 노르에피네프린의 증가는 체중과 체지방감소 등 신체조성의 변화에 긍정적인 효과를 가져올 것이라 생각된다. 또한 12주 이상의 유산소운동을 먼저 실시하는 복합운동이 세포내 에너지 대사를 증가시키며 간에서 글루코스를 동원하고, 지방조직에서 유리지방산을 동원하는데 긍정적인 효과가 있는 것으로 생각되며, 성장호르몬 및 카테콜라민의 변화에도 긍정적인 효과가 있을 것이라 기대된다.

## VI. 결 론

본 연구는 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 그룹과 유산소운동 후 저항운동을 실시하는 복합운동 그룹에 대한 효과를 규명하기 위한 목적으로 신체 건강한 남자 대학생 24명을 대상으로 저항운동 후 유산소운동 그룹 8명, 유산소운동 후 저항운동 그룹 8명, 통제그룹 8명으로 임의 분류하여 12주 간 훈련을 실시 한 후 건강관련 체력, 에너지 기질, 대사관련 호르몬의 변화를 비교 분석 하였다.

저항운동은 주 4회의 빈도로 1~8주 동안은 1RM의 60~70%, 9~12주 동안은 1RM의 70~80%강도로 실시하였고, 유산소운동도 주 4회 빈도로 1~8주 동안은 최대심박수의 60~70%, 9~12주 동안은 최대심박수의 70~80%강도로 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

### 1. 건강관련체력의 변화

비만도를 알 수 있는 신체조성의 변화에서 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 체중에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

체지방률의 변화에서는 두 집단 모두 훈련 8주 후에 유의하게 감소하여 서로 유사한 결과를 나타냈으나, 저항운동 후 유산소운동 집단이 훈련 8주 후부터 체지방률이 유의하게 증가하여 프로그램 유형의 비교에서 보다 효과적이었다.

체력의 변화에서는 유연성, 근지구력, 근력, 심폐지구력에서 저항운동 후 유산소운동집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 통제집단보다 유의하게 증가하여, 프로그램 유형에 의한 비교에서는 두 집단이 유사하였으나, 유연성에서 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 프로그램이 유산소운동 후 저항운동 집단보다 유의하게 높게 나타나 유연성을 강화시키는데 더 긍정적인 효과가 있었다.

### 2. 에너지 기질의 변화

에너지 기질의 요소인 글루코스와 유리지방산의 경우 저항운동 후 유산소운동 집

단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 유의한 차이는 나타나지 않았다.

젖산의 변화에서 저항운동 후 유산소운동 집단(0> 12주)과 유산소운동 후 저항운동 집단(0>8주, 12주)이 모두 통제집단보다 유의하게 감소하였으나, 프로그램유형에 의한 비교 효과는 두 집단이 유사하였다.

### 3. 대사관련 호르몬의 변화

테스토스테론과 에피네프린의 변화는 저항운동 후 유산소운동 집단과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 훈련 8주 후 통제 집단보다 유의하게 높게 나타나 유사한 결과를 나타냈다.

그러나 유산소운동 후 저항운동 집단이 인슐린의 변화에서 유의하게 감소하였고, 성장호르몬과 노르에피네프린은 유의하게 증가하여 프로그램 유형에 의한 비교 결과 저항운동 후 유산소운동 집단보다 효과적이었다.

본 연구의 결과에서 볼 때 복합운동 프로그램 유형의 차이에서 운동 실시 목적에 따라 비만도와 관련된 부분에서는 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 운동프로그램이 효과적이었고, 대사호르몬의 변화에서는 유산소운동 후 저항운동을 실시하는 운동 프로그램이 인슐린 수치를 낮춰 지질대사에 더 효과적이었다. 체력요소와 에너지 대사와 관련된 부분에서는 두 집단이 효과가 유사하므로 운동 실시 순서가 크게 영향이 없었음을 알 수 있었다.

본 연구는 신체 건강한 남자 대학생을 대상으로 실시한 프로그램이므로 일선 현장에서는 대상자의 연령대 및 운동 목적에 맞는 프로그램으로 재구성 하여야 할 것이며, 이후 연구에서는 운동별 일정시간과 일정강도를 적용하지 않고 운동시간과 강도에 변화를 주는 다양한 형태의 연구가 필요하다고 사료된다.

## <참고 문헌>

- 장두희(1998). **생리학**. 서울: 신광출판사.
- 고국진(2004). **트레이닝 운동순서가 체지방과 근위에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 명지대학교 대학원, 경기
- 고영찬, 김영표(2008). 걷기와 달리기 속도에 따른 에너지소비 및 에너지 기질 분석. **한국사회체육학회지**, 33, 1021-1030.
- 고영찬, 김영표(2009). 운동강도 차이가 혈중 에너지 기질 및 호르몬 반응에 미치는 영향. **한국사회체육학회지**, 37, 1121-1130.
- 권영섭(2001). **덤벨로 로프를 이용한 실내 싸이클링 운동이 비만여성의 심폐기능과 신체구성에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 중앙대학교 대학원, 서울
- 권종성, 박종성(2009). 트레이닝 프로그램 운동순서가 중년 비만여성의 신체조성 및 혈청지질에 미치는 영향. **제10회 운동사대회**, 283-284.
- 김규남(2006). **유산소성운동과 저항운동의 순서가 운동대사에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 서강대 교육대학원, 서울
- 김기봉, 김수봉(1998). 규칙적인 수영운동이 중년여성의 심폐기능, 혈중지질 및 기초체력에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 40(3), 585-594.
- 김기연(2009). **복합운동의 운동순서에 따른 남녀 간 대사 및 호르몬 반응**. 미간행 박사학위논문. 인하대학교대학원, 인천.
- 김기학(1997). **체육측정평가**. 서울: 형성출판사.
- 김동준(2002). **유리지방산과 당 대사**. 인제제약. Inje. Medical Journal, 23(3). 81-87.
- 김선호(2001). **유산소성 운동과 저항성 운동이 비만 여중생의 leptin, 대사성호르몬 및 혈중지질에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 전남대학교 대학원, 광주.
- 김성수(2009). **운동실시 순서에 따른 체내 에너지 소비량 및 피로물질 축적양상의 변화**. 미간행 석사학위논문. 대구대학교 대학원, 대구.
- 김시영, 김효중, 이용수(2009). 복합트레이닝 시 유산소성 운동과 저항성 운동의 순서 차이가 신체구성, 혈중지질 및 스트레스호르몬에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 48(2), 421-432.

- 김영표(1998). **수영훈련과 저항운동의 복합훈련이 심폐기능, 혈중지질 및 호르몬반응에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 고려대학교 대학원, 서울.
- 김영표, 윤진환, 손홍기(2000). 지구성훈련이 안정시, 운동 후 및 회복기에 나타나는 스트레스호르몬 반응. **한국사회체육학회지**, 14, 479-487.
- 김정규, 신연오, 문희원(2007). 복합운동 수행이 비만청소년의 혈중 C-reactive protein, Interleukin-6, 혈중 지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향. **체육과학연구**, 18(2), 1-9.
- 김정주, 이상목, 이재문(2000). Weight Training 과 Circuit Weight Training이 심폐기능 및 혈중 젖산농도에 미치는 영향. **경희대학교 한국체육과학연구소, 체육학 논문집**, (28), 245-259.
- 김현(2003). **달리기와 중량 저항 순서를 달리한 복합운동이 신체구성과 혈액성분에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 한양대학교 대학원, 서울.
- 나성민(2002). **고강도 인터벌 운동이 비만 여학생의 유산소성 운동능력(aerobic power), 심폐기능 및 지질성분에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 고려대학교 대학원, 서울.
- 나재철, 박상갑(1995). 비만여대생의 트레드밀 걷기운동이 대사기질에 미치는 영향. **대한스포츠의학회지**, 13(2), 176-182.
- 나재철, 이광무(2000). 트라이에슬론 경기가 면역계와 내분비계에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 39(1), 373-385.
- 문희원, 신영오, 김정규(2006). 웨이트 트레이닝을 병행한 유산소운동이 비만 청소년의 혈중 성장호르몬 및 IGF-1 수준에 미치는 효과. **한국체육학회지**, 45(6), 575-582.
- 박상갑, 김은희, 권유찬(2005). 복합운동이 고령여성의 신체구성과 체력에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 16(2), 109-116.
- 박상갑, 윤미숙(2001). 근저항 트레이닝이 비만 중년여성의 복부지방에 미치는 영향. **한국체육학회 학술발표지**, 555-560.
- 박성태(2004). 운동 강도의 차이에 따른 최대하 운동이 혈중 스트레스호르몬 농도에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 43(3), 673-680.
- 백영호, 염종우(2003). **최신운동영양학**. 부산: 제일출판사.
- 백일영(2006). **운동과 에너지대사**. 서울: 대한미디어.



- 성동진(2000). **운동처방론**. 서울: 고려의학, 207-276.
- 심재근(2009). **군장병의 무, 유산소성 운동순서에 따른 운동프로그램 실천과, 체력 및 혈중 지질의 변화**. 미간행 석사학위논문. 경기대학교 대학원, 경기.
- 양점홍(2002). **최신트레이닝학**. 부산: 부산대학교 출판부.
- 예제승(2008). **비만관리 운동을 위한 저항성 운동 강도 설정에 관한 연구**. 미간행 박사학위논문. 한양대학교 대학원, 서울.
- 오유성, 하민수, 조준용(2002). **저항운동과 유산소운동이 에너지 대사물질, 호르몬과 운동 후 초과산소소비량에 미치는 영향**. **한국체육학회지**, 42(2), 333-344.
- 유병강(2005). **강도별 복합운동이 비만여성의 체성분, 심폐기능, 혈중지질 및 혈중 호르몬에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문, 한양대학교 대학원. 서울.
- 유재현(2003). **저항운동 강도에 따른 근비대, 지방대사 및 식욕관련 호르몬 농도의 변화분석**. 미간행 박사학위논문. 고려대학교 대학원, 서울.
- 윤형웅(1993). **유산소운동이 성인의 혈장지질 및 지단백에 미치는 영향**. 미간행 석사학위 논문. 동아대학교 대학원, 부산.
- 이경자, 김현경(1997). **유산소운동과 식이조절에 의한 체중감량이 중년비만 여성에 미치는 영향**. **한국체육학회지**, (8), 359-366
- 이삼열, 정윤섭(1987). **임상병리검사법**. 서울: 연세대학교 출판부.
- 이세원(2001). **야구투구 시 회복형태의 차이가 회복에 미치는 영향**. 미간행 석사학위 논문. 서울대학교 대학원, 서울.
- 이정관(2008). **유산소운동 및 서킷웨이트 트레이닝 운동순서 차이에 따른 건강관련체력의 변화**. 미간행 석사학위논문. 서강대학교 대학원, 서울.
- 이창준(2005). **저항운동이 남자고교생의 학년별 건강관련체력, 성장호르몬, 골밀도 및 골대사에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 부산대학교 대학원, 부산.
- 임완기, 한명우, 임규찬, 이승로, 이한용, 김동희, 윤재량, 김경래, 김수근, 김홍수, 김형돈, 박익렬, 박진홍, 배윤정, 서한교, 석민화, 엄우섭, 육조영, 이기광, 이대택, 이덕철, 이석호, 이승범, 이신언, 이운용, 정수호, 정진원, 주종미, 지용석, 한상원, 한동기, 홍길동 공역(2005). **퍼스널 트레이닝의 정석**. 서울: 대한미디어.

- 장경태, 안용준(1999). 식이제한과 트레이닝 형태가 신체조성, 혈청지질에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 38(1), 264-276.
- 장용수, 강호을(2003). 저항운동시 운동량의 차이가 혈중 성장호르몬, 테스토스테론, 코티졸의 분비에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 42(2), 429-437.
- 정경숙(2000). 조깅과 근저항 복합운동이 비만 여대생의 체력과 신체조성 및 혈청지질에 미치는 영향. **한국여성체육학회지**, 14(2), 189-200.
- 정성림, 김병로(2003). 12주간 유산소 및 근력 복합훈련이 중년비만 여성의 체력, 신체구성 및 혈중지질성분에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 42(3), 649-658.
- 정일규(2009). **휴먼퍼포먼스와 운동영양학**. 서울: 대경북스.
- 정일규, 윤진환(2007). **휴먼퍼포먼스와 운동생리학**. 서울: 대경북스.
- 정재관(2008). **복합운동의 유형이 신체구성, 운동능력과 대사성 성장호르몬에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 전남대학교대학원, 광주.
- 조경환(2009). **복합운동이 남자 청소년의 신체조성과 체력 및 폐기능에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 성균관대학교 교육대학원, 서울.
- 지용석, 이중철(2010). **생리학을 바탕으로 한 임상운동처방기전**. 서울: 21세기교육사.
- 최춘길(2003). **유산소 및 저항운동이 비만 남자 중학생의 체지방, 혈중지질, 호르몬 변화에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 세종대학교 대학원, 서울.
- 최희남(1992). **유산소운동이 중년여성의 혈청지질, 체지방 근력 및 심폐기능에 미치는 효과**. 미간행 박사학위논문. 세종대학교 대학원, 서울.
- 하태복(2002). **준비운동 시간에 따른 태권도선수의 체급별 경기 후 혈중 글루코스, 젖산 농도 변화에 관한 연구**. 미간행 석사학위논문. 부산외국어대학교 교육대학원, 부산.
- 한국체육과학연구원(1998). **한국의 체육지표**. 국민체육진흥공단.
- 한창수(2007). **복합운동유형 순서변화가 비만여성의 신체구성 및 혈중지질에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 건양대학교 보건대학원, 논산.
- 현송자(2004). **스포츠 영양학**. 서울: 21세기교육사.
- 홍순미(2004). **Pilates matwork이 중년여성의 건강관련체력·근대계 및 내분비에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 부산대학교대학원, 부산.

- American College of Sports Medicine. (2006). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*(7th Ed). Lippincott Williams & Wilkins.
- Ballor, D. L., Katch, V. L., Becque, M. D., & Marks, C. R. (1988). Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 47, 19-25.
- Bank, W. & Chance, B. (1994). An oxidative defect in metabolic myopathies: diagnosis by noninvasive tissue oximetry. *Ann. Neurol.*, 36(6), 830-837.
- Bermon S., Philip, P., Ferrari, P., Candito, M., & Dolish, C. (1999). Effects of a short-term strength training programme on lymphocyte subsets at rest in elderly humans. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 79(4), 336-340.
- Bonen, A and A. N, Belcastro. (1975). comparison of self- selected recovery methods on lactic acid removal rates. *Med. Sci. Sports.* 8, 176-178.
- Booth, A., Mazyr, A. C., & Dabbs, J. M. (1993). Endogenous testosterone and competition: *The effect of fasting. Steroids*, 58: 348-350.
- Borer, K. T. (2003). Exercise endocrinology . Human Kinetics. Champaign, IL.
- Bouissou, P., Guenzenec, Y., Defer, G. & Pesquies, P. (1987). Oxygen consumption, lactate accumulation, and sympathetic response during prolonged exercise under hypoxia. *Int. J. Sports Med.*, 8, 226-269.
- Bowen. A., & Belcastro, A. N. (1976), Comparison of self selected recover methods on lactic acid removal rates. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 8(3). 176-178.
- Brooks, G. A. (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18(3), 360-368.
- Broun, J.A. & Severson, D. L. (1992). Regulation of synthesis, processing and translocation of lipoprotein lipase. *Biochemical journal.* 287, 337-347.
- Brooks G. A, & Fahey, T. D. (1984). *Exercise Physiology : Human Bioenergetics and Its Applications*. New York, Hohn wiley & sone.

- Bunt, J.C., Boileau, R. A., Bajr, J. M & Nelson, R. A. (1986). Sex and training differences in human Growth hormone during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.*, 61, 1796-1801.
- Campbell, P. J., Carson, M. G., Hill, J. O. & Nurjhan, N. (1992). Regulation of free fatty acid metabolism by Insulin in humans: role of lipolysis and reesterification. *Am J. Physiol.*, 263(6Pt1), 1063-1069.
- Chwalbinska-Moneta J., Kruk B., Nazar, K., Krzeminski, K., Kaciuba-Usciba, H. & Ziemba, A. (2005). Early effects of short-term endurance training on hormonal responses to graded exercise. *J. Physiol. Pharmacol.*, 56(1), 87-99.
- Consitt, L.A., Copeland, J. L. & Tremblay, M. S. (2002). Endogenous Anabolic hormone Responses to Endurance Versus Resistance Exercise and Training in Women. *Sports Med.*, 32(1), 1-22.
- Coppack, S. W., Jensen, M. D. & Miles, J. M.(1994). In vivo regulation of lipolysis in humans. *J. Lipid. Res.*, 35(2), 177-193.
- Costill, D. L., Thomason, H & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capa city during distance running *Med. Dc. Sports*, 5, 248-252.
- Crist, D. M., Peake, G. T., Egan, P. A., & Waters, D. L. (1988). Body composition response to exogenous GH during training in highly conditional adults. *J. Appl. Physiol.*, 65, 579-584.
- Dearman, J., & Galbo, H. (1983). Plasma levels of catecholamines, cortisol, and beta-endorphins in male athletes after running 26.2, 6, and 2 miles. *J. Sports Med. Physiol. Fitness*, 23(1), 30-38.
- Defronzo, R. A., & Ferrannini, E. (1991). Insulin Resistance. A multifaceted syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease, *Diabetes Care*, 14, 173-194.
- Dengel, D. R., Hagberg, J. M., Coon, P. J., Drinkwater, D. T., & Goldberg, A. P. (1994). Effects of weight loss by diet alone or combined with aerobic exercise on body composition in older obese men. *Metabolism*,

43(7), 867-871.

- Deuster, P. A., Chrousos, G. P., Luger, A., DeBolt, J. E., Bernier, L. L., Trostmann, U. H., & Kyle, S. B. (1989). Hormonal and metabolic response of untrained, moderately trained and highly trained man to three exercise intensity. *Metabolism*, 38, 141-148.
- Dolezal, B. A., & Potteiger, J. A. (1998). Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J. Appl. Physiol.*, 85(2), 695-700.
- Fahey, T. D., Rolph, R., Mounghmee, P., Negel, J., & Mortara, S. (1976). Serum testosterone, body composition, and strength of young adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 8, 31-34
- Farrell, P. A., Gustafson, A. B., Morgan, W. P. & Pert, C. B. (1987). Enkephalins, catecholamines and psychological mood alterations. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19(4), 347-353.
- Favier, R. J. (1983). Catecholamines and metabolic responses to submaximal exercise in untrained man and women. *Eur. J. Appl Physiol.*, 50, 393-404.
- Felig, P. (1983). *Metabolic and endocrine disorders and exercise*. Academic press. Inc., 126-130.
- Ferrando A. A., Tipton, K. D., Doyle, D., Philips, S. M., Cortiella, J. & Wolfe, R. R. (1998). Testosterone injection stimulates net protein synthesis but not tissue amino acid transport . *Am. J. Physiol*, 275(*Endocrinol. Metab.* 38), 864-871.
- Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1971). *The physiological basis of physical education and athletics*. Philadelphia: W. B. Saunders. Co., 368-374.
- Fryburg, D. A. & Barrett, E. J. (1993). Growth hormone actely stimulates skeletal muscle but not whole-body protein synthesis in humans. *Metabolism*, 42, 1223-1227.
- Gabriel, H., Schwarzurance, L., Steffens, G. & Kindermann, W. (1992). Immunoregulatory hormones, circulating leucocyte and lymphocyte

- subpopulations before and after end exercise of different intensities. *Int. J. Sports Med.*, 13(5), 359-366.
- Galbo, H., Houston, M. E., Christensen, N. J., Nielsen, B., Nygaard, E., & Suzuki, J. (1979). The effect of water temperature on the hormonal response to prolonged swimming. *Acta Physiologica Scandinavia*, 105(3), 326-337.
- Gertner, J. M. (1993). Effect of growth hormone on body fat in adults. *Horm. Res.*, 40, 10-15.
- Glowacki, S. P., Martin, S. E., Maurer, A., Baek, W., Green, J. S., & Crouse, S. F. (2004). Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in man. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36(12), 2119-2127.
- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T. & Takamatsu, K. (2005). The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37(6), 955-963.
- Goto K., Ishii N., Kurokawa K., & Takamatsu, K. (2007). Attenuated growth hormone response to resistance exercise with prior, sprint exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39(1), 108-115.
- Goto, K., Higashiyama, M., Ishii, N., & Takamatsu, K. (2005). Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise. *Eur. J Appl. Physiol.*, 94(3). 333-338.
- Gulledge, T. P. Hackney, A. C. (1996). Reproducibility of low resting testosterone concentrations in endurance trained men. *Eur. J, Appl. Physiol.*, 73, 582-583.
- Guyton, A. C. (1981). *Textbook of medicine Physiology*. 6th Ed. Philadelphia: W. B. Saunders.
- Hackney, A. C., Ness, R. J., & Schreier, A. (1989). Effect of endurance exercise on nocturnal hormone concentrations in males. *Chronobiol. Int.*, 6, 341-346.
- Hadzovic, A., Nakas-icindic, E., Kucukalic-Seimovic, E., Avdagic, N. &

- Zaciragic, A. (2004). The level of physical activity and the growth hormone response to acute physical exercise. *Bosn. J. Basic. Med. Sci.*, 4(3), 47-49.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kauhanen, H., & Komi, P. V. (1987). Relationship between training volume, physical performance capacity and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *Int. J. Sports Med.*, 8, 61-65.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (2000). Basal concentrations and acute response of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. *J. Gerontol. A. Biol. Sci.*, 55(2), 95-105.
- Hakkinen, K. A., Pakarinen, M. A., & Komi, P. V. (1985). Hormones during prolonged training of neuromuscular performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 53, 287-293.
- Hamdy, R., Anderson, J., Whalen, K., & Harvill, L. (1994). Regional differences in bone density of young men involved in different exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26, 150-154.
- Hetrick, G. A., Wilmore, J. M. (1979). Androgen levels and muscle hypertrophy during an eight week weight training program for men/women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 11, 102.
- Hurel, S. J., Koppiker, N., Newkirk, J., Close, P. R., Miller, M., Mardell, R., Wood, P. J., & Kendall-Taylor, P. (1999). Relationship of physical exercise and ageing to growth hormone production. *Clin. Endocrinol.*, 51(6), 687-691.
- Ilias, S., Theophilos, P., Michalis, K., & Savvas, P. T. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35(4), 644-654.
- Johanna, L. & Dena, P. (2006). Changes in body composition of college females following 12weeks of concurrent aerobic exercise and

- resistance. *Journal of the American College of Sports Medicine*, 38(5), 494–495.
- Karlsson, J. and B. Saltin. (1970). Lactate, ATP and CP in working muscle during exhaustive exercise in man. *J. Appl. Physiol.*, 29, 598–602.
- Kern P. A., Simsolo, R. B., Ezzat, S., Ong, J. M., & Saghizadeh, M. (1995). Effects of acromegaly treatment and growth hormone on adipose tissue lipoprotein lipase. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 80(11), 3223–3238.
- Kindermann, W., Schmitt, W. M., Biro, G., Cassens, J., & Weber, F. (1982). Catecholamines growth hormone, cortisol, insulin and sex hormones in anaerobic and aerobic exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 49, 382–399.
- King D. S., Staten, M. A., Kohrt, W. M., Dalsky, G. P., Elahi, D., & Holloszy, J. (1990). Insulin secretory capacity in endurance trained and untrained young men. *Am. J. Physiol.*, 259, 155–161.
- Kraemer, W. J. (1998). Endocrine responses to resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, 1346–1356.
- Kraemer, W. J., Marchitelli, L., & Gordon. S. E. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J. Appl. Physiol.*, 69(4), 1442–1450.
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.*, 35(4), 339–361.
- Langfort, J.T., Ploug, J., Ihlemann, C., holm. & Galbo, H. (2000). Stimulation of hormone-sensitive lipase by contractions in rat skeletal muscle. *Biochem. J.*, 351, 207–214.
- Lehmann, M. (1982). Time and intensity dependent catecholamine responses during graduated exercise as an indicator of fatigue and exhaustion, *Biochemical*, 13, 738–748.
- Lehmann, M., Dickhuth, H. H., Genderisch, G. Lazar, W., Thum, M., Kaminski, R., Aramendi, J. F., Peterke, E., Wieland, W., & Keul,



- J. (1991). Training-overtraining: a prospective, experimental study with experienced middle-and long-distensity exercise in men and women. *Metabolism*, 32(3), 244-249.
- Leutholtz, B. C., Keyser, R. E., Heusner, W. W., Wendt, V. E., & Rosen, L. (1995). Exercise training and severe caloric restriction: effect on lean body mass in the obese. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76, 65-70.
- Lew, E. A. (1985). Mortality and weight : insured lives and the American cancer ociety studies. *Annals International Medicine*, 103, 1024-1029.
- Longhurst, J., & Zelis, R. (1979). Cardiovascular responses to local hindlimb hypoxemia: relation to the exercise reflex. *Am. J. Physiol.*, 231, 359-365.
- Lopez, A., Vial, R, Balart, L., & arroyave, G. (1974). Effect of exercise and physical fitness on serum lipids and lipoproteins. *Atherosclerosis*, 20, 1-9.
- Luyckx, A. S., & Lefebvre, P. J. (1974). Mechanisms involved in the exercise-induced increase in glucagon secretion in rats. *Diabetes*. 23(2), 81-93.
- MacDougall, J. D., Ward, G. R., Sale, D. G. & Sutton, J. R. (1977). Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. *J. Appl. Physiol.*, 43, 700-703.
- MacDougald, O. A., Hwang, C. S., Fan, H. Y., & Lane, M. D. (1995). Regulated expressions of the obese gene product in white adipose tissue and 3TS-L1 adipocytes. *Proc. Natl. Acdd. Sci.*, 92, 9032-9037.
- Mackinnon, L. T. (1994). Current challenges and future expectations in exercise immunology: back to the future. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26(2), 1191-194.
- McCall, G. E., Byrnes, W. C., Fleck, S. J., Dickinson, A. & Kraemer, W. J. (1999). Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. *Can. J. Appl. Physiol.*, 24(1),

96-107.

- McCarty, M. F. (1997). The regulation of IGF binding protein-1 as an anticarcinogenic strategy. *Med. Hypotheses*, 48(4), 297-308.
- McMillan, J. C., Brown, B., Keith, D., Blessing, D., & Wilson, M. S. (1989). The 36-hour metabolic, hormonal and psychological response of a single bout of weight training. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, 3, 68.
- McMurry, R. G., Forsythe, W. A., Mar, H. H & Hardy, C. J. (1987). Exercise intensity related responses of  $\beta$ -endorphin and catecholamine. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19(6), 570-574.
- McGarvey, W., Jones, R., & Petersen, S. (2005). Excess post-exercise oxygen consumption following continuous and interval cycling exercise. *Int. J. Sport. Nutr. Metab.*, 15(1), 28-37.
- Merimee, T. J., Zapt, J., & Froesch, E. R. (1982). Insulin-like growth factors in the fed and fasted states. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 55: 999-1002.
- Micah, J. D., Pat, R. V., G. Bruce, Schaalje., & Allen C. Parcell. (2005). Exercise-induced hormonal changes and their effects upon skeletal muscle tissue. *Sports Medicine*, 12(2), 80-93.
- Nindl, B. C., Kraemer, W. J., Marx, J. O., Arciero, P. J., Dohi, K., Kellogg, M. D. & Loomis, G. A. (2001). Overnight responses of the circulating IGF-I system after acute, heavy resistance exercise. *J. Appl. Physiol.*, 90, 1319-1326.
- North, T. C., McCillah, P., & Tran, Z. (1990). Effect of exercise on depression *Exercise and Sports Sciences*, 18, 379-415.
- Patel, L., Buckels, A. C., Kinghorn, I. J., Murdock, P. R., Holbrook, J. D., Plumpton, C., Macphee, C. H., & Smith, S. A. (2003). Resistin is expressed in human macrophages and directly regulated by PPAR gamma activators. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 300, 472-476.
- Pilkis, S.J., el-Maghrabi, M.R. & Claus, T. H. (1988). Hormonal regulation of

- hepatic gluconeogenesis and glycolysis, *Annu. Rev. Biochem.*, 57, 755-783.
- Pollocke, M. L. & Evans, W. J. (1999). Resistance training for health and disease: Introduction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 10-11.
- Pritzlaff, C. J., Wideman, L., Weltman, J. Y., Abbott, R.D., Gutgesell, M. E., Hartman, M. L., Veldhuis, J. D. & Weltman, A. (1999). Impact of acute exercise intensity on pulsatile growth hormone release in men. *J. Appl. physiol.*, 87, 498-504
- Robergs R A., Pascoe D. D., & Costill D. L. (1991). Effects of warm-up on muscle glycogenolysis during intense exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23, 37-43.
- Rogol, A. D. (1989). Growth hormone: physiology, therapeutic use and potential for abuse. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 17, 353-377.
- Rudman, D. (1990). Effects of human growth hormone in men over 60 years old. *N. Engl. J. Med.*, 323, 1-6.
- Shawn, P. G., Steven, E. M., Ann, M., Wooyeul, B., John, S. G., & Stephen, F. C. (2004). Effects of Resistance, Endurance, and Concurrent Exercise on Training Outcomes in man. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 36(12), 2119-2127.
- Sigal, R. J., Kenny, G. P., Boule, N. G., Wells, G. A., Prud'homme, D., Fortier, M., Reid, R. D., Tulloch, H., Coyle, D., Phillips, P., Jennings, A., & Jaffeym, J. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann. Intern. Med.*, 147(6), 357-369.
- Singh, M. A., Ding, W., Manfredi, T. J., Solares, G. S., Onell, E. F., Clements, K. M., Ryan, N. D., Kehayias, J. J., Fielding, R. A., & Evans, W. J. (1999). Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight lifting exercise in frail elders. *Am J. Physiol.*, 66(1), 8-13.
- Slentz, C. A., Davis, J. M., Settles, S. J. (1990). Glucose feedings and

- exercise in rats; glycogen use, hormone responses, and performance. *J. Appl. Physiol.*, 69(3), 989–994.
- Snell, P. G., & Mitchell, J. H. (1984). The role of maximal oxygen uptake in exercise performance. *Clinics Med.*, 5, 51–62.
- Staron, R. S., Hikida, R. S., Hagerman, F. C., Dudley, G. A., & Murray, R. F. (1984). Human skeletal muscle fiber type adaptability to various workloads. *J. Histochem. and Cytochem.*, 32, 146–152.
- Staron, R. S., Leonardi, D. L., Karapondo, E. S., Malicky, J. E., Falkel, F. Hagerman, C., & Hikida, R. S. (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy resistance trained women after detraining and retraining. *J. Appl. Physiol.*, 70, 631–640.
- Statland, B. A. & Winkel, R. (1981). Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. *J. Appl. Physiol.*, 54(4), 870–844.
- Stamford, B. A., Weltman, A., (1981). Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. *J. Appl. Physico.*, 51, 840–844.
- Stone, D., Pepke-Zaba, J., Higenbottam, T. W., Dinh-Xuan, A. T., & Wallwork, J. (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy resistance trained women after detraining and retraining. *J. Appl. Physiol.*, 70, 631–640.
- Tesch, P. A. (1998). Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 20, 132–134.
- Tesch, P. A., Deniels, W. L and Sharp, D. S. (1982). Lactate accumulation in muscle and blood during submaximal exercise, *Acta. Physiol.*, 11, 441–446.
- Tomas, R. B. & Roger, W. E. (2000). *Essentials of strength training and conditioning*(2nd Ed). Human kinetics.
- Trapp, E. G., Chisholm, D, J. & Boutcher, S. H. (2007). Metabolic response of trained and untrained women during high-intensity intermittent

- cycle exercise *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 293(6), 2370-2375.
- Tremblay, M. S., Copeland, J. L. & Van Helder, W. (2004). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *J. Appl. Physiol.*, 96(2), 531-539.
- Vuori, I. (1995). Exercise and physical health: Musculoskeletal health and functional capabilities. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 66, 276-285.
- Wade, C. E., Stanford, K. I., Stein, T. P. & Greenleaf, J. E. (2005). Intensive exercise training suppresses testosterone during bad rest. *J. Appl. Physiol.*, 99(1), 59-63.
- Wasserman, K. (1984). The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *The American Review of Respiratory Disease*, 129, 35-40.
- Weltman, A. C., Pritzlaff, C. J., Wideman, L., Considine, R. V., Fryburg, D. A., Gutgesell, M. E., Hartman, M. L. & Veldhuis, J. D. (2000). Intensity of acute exercise dose not affect serum leptin concentrations in young men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32(9), 1556-1561.
- Wheeler, G. D. (1991). Endurance training decreases serum testosterone levels in men without change in luteinizing hormone pulsatile release. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 72, 422.
- Wideman, L., Weltman, J. Y., Shah, N., Story, S., & Veldhuis, J. D. (1999). Effects of gender on exercise induced growth hormone release. *J. Appl. Physiol.*, 87(3), 1154-1162.
- Willmore, J. H. (1983). *Body composition in sports and exercise* ; direction for future research medicine science sports, 1591, 22-31.
- Willmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of Sports and Exercise*. IL, Champaign: Human kinetics Books.
- Willmore, J. H., & Costill, D. L. (1998). *Training for Sport and Activity. The Physiological Basis of the Conditioning Process*, 3rd edition. IL:

Brown C. Publishers, 95-109.

Zachwieja, J. J. (1996). Exercise as treatment for obesity. *Endocrinol. Metab. Clin.*, 25, 965-988.

## ABSTRACT

**The effect of combined exercise program types on health-related physical fitness, energy substrates and metabolic hormones**

Ko, Yeong-Chan

Department of Physical Education  
Graduate School of Jeju National University  
Supervised by Professor Kim, Young-Pyo

The purpose of this study was to investigate the effect of combined exercise program types on health-related physical fitness, energy substrates and metabolic hormones. The subjects for this study were 24 healthy male university students who participated in this experiment voluntarily and didn't have any disease. The subjects were divided into three groups: the group of aerobic exercise after resistance exercise(n=8), the group of resistance exercise after aerobic exercise(n=8), and control group(n=8).

Both the experimental groups were conducted a combined exercise program of different order for 12 weeks. Resistance exercise was conducted four times a week with the intensity of 60 ~ 70% of 1RM during the 1st throughout 8th week and the intensity of 70 ~ 80% of 1RM during the 9th throughout 12th week. Aerobic exercise was conducted four times a week with the intensity of 60 ~ 70% of maximum heart rate during the 1st throughout 8th week and the intensity of 70 ~ 80% of maximum heart rate during the 9th through 12th week.

Statistical techniques for data analysis were repeated measure ANOVA to determine the differences(3 groups X 3 times) and Duncan's multiple range for post-hoc. The 5% level of significance was utilized as the critical level for acceptance of hypotheses for the study.

The conclusions are as follows.

### 1. Changes of the health-related physical fitness

In the changes of body composition, weight was no significant difference in between the group of aerobic exercise after resistance exercise and the group of resistance exercise after aerobic exercise. Body fat was significantly decreased in the two groups after 8 weeks exercise, and the group of aerobic exercise after resistance exercise showed a significant increase of LBM after 8 weeks exercise. In both the exercise groups, flexibility, muscular endurance, muscular strength and cardiovascular endurance were significantly increased more than the control group. The result of this study was more an effective method by the type of program than the other.

### 2. The changes of energy substrates

There was no significant difference in glucose and free fatty acid being used by elements of energy substrates between the group of aerobic exercise after resistance exercise and the group of resistance exercise after aerobic exercise. Lactic acid, however, significantly decreased in the group of aerobic exercise after resistance exercise ( 0 > 12 weeks ) and in the group of resistance exercise after aerobic exercise ( 0 > 8, 12 weeks ) compared to control group, respectively.

### 3. The changes of metabolic hormones

Testosterone and epinephrine were significantly higher in both the group of aerobic exercise after resistance exercise and the group of resistance exercise after aerobic exercise compared to control group after 8 weeks, the increased values in both exercised groups showed similar results. In the group of



resistance exercise after aerobic exercise, insulin was significantly decreased, otherwise, growth hormone and norepinephrine in that group significantly increased. The result of this study think that the method of resistance exercise after aerobic exercise was more effective than the other type of program.

In conclusion, the results of this study suggest that the program which conducted aerobic exercise after resistance exercise can contribute to the better effect than the program which conducted resistance exercise after aerobic exercise in the aspect of improving body composition in relation to the obesity. Also, the present study showed that in metabolic hormones, the program which conducted resistance exercise after aerobic exercise was more effective than the program which conducted aerobic exercise after resistance exercise in the aspect of making lipid metabolism better by decreasing insulin levels. The both exercised groups showed a similar effect regardless of the order of execution of exercise in the elements of physical fitness and energy metabolism. Therefore, it is wished that further studies be carried out on the effect and development of combined exercise program.