

[원저]

저항운동강도가 스트레스 호르몬과 젖산 반응에 미치는 영향

유재현, 최희남¹⁾고려대학교 스포츠과학연구소, 서강대학교¹⁾

- 요약 -

연구배경	저항운동 후 호르몬의 반응은 회복기 동안에 에너지 기질의 대사조절과 조직 성장에 중요한 역할을 수행하므로 저항운동에 의한 내분비계의 반응을 이해하는 것은 중요하다. 카테콜라민의 반응은 저항운동에 의해 첫 번째로 작용하는 내분비기전 중 하나이다. 따라서 본 연구는 운동 목적에 따라 요구되는 저항운동의 적절한 중재를 위해 성인 남성을 대상으로 저항운동의 총 운동량과 set 간 휴식시간을 일정하게 유지한 상태에서 저항운동 강도에 따른 스트레스호르몬과 젖산의 농도변화를 분석하고자 한다.
방 법	본 연구는 건강한 성인 남성 9명(연령: 25.4±3.56세, 신장: 175.6±4.46cm, 체중: 71.6±8.97kg)을 대상으로, 총 운동량을 약 39,000J, set 간 휴식시간을 1분으로 설정한 후 저항운동 강도에 따른 카테콜라민과 젖산의 농도변화를 파악하였다. 저항운동은 TechnoGym社의 weight machine 6종(Knee Extension Machine, Knee Flexion Machine, Abdominal Machine, Back Extension Machine, Chest Press, Lat Pull Down)을 사용하여 1 RM의 40%에서 20회 반복, 60%에서 13회 반복, 80%에서 10회 반복하였으며 모두 3 set의 서킷트레이닝을 수행하였다. 본 연구의 자료처리를 위하여 SPSS 통계프로그램(version 10.0)을 사용하였으며, 각각의 저항운동 강도에 따른 혈중 카테콜라민과 젖산 수준은 안정시, 저항운동 직후, 회복기 30분 등 시간별 평균과 표준편차를 산출하였다. 저항 운동 강도에 따른 안정시, 저항운동 직후, 회복기 30분의 혈중 호르몬농도의 평균치 차이의 유의성을 검증하기 위하여 two-way repeated ANOVA를 하였고, 구체적인 검증을 위하여 one-way ANOVA를 실시하였다. 유의한 차이에 대해서는 사후 비교방법으로 Tukey법을 사용하였으며, 자료에 대한 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.
결 과	혈중 에피네프린과 노르에피네프린은 저항운동 직후 유의한 증가를 보였으며, 운동강도에 따라 에피네프린은 유의한 차이를 보이지 않았지만 노르에피네프린은 운동 직후에서 운동강도에 따라 유의하게 증가하였다. 혈중 젖산은 저항운동 직후 유의한 증가를 보였으며, 운동강도에 따라서는 운동직후와 회복기 동안에 강도가 높을수록 혈중 젖산 농도도 높았으며, 저항도와 고강도 간에 유의한 차이를 보였다.
결 론	이상과 같은 결론을 종합해 볼 때 약 39,000J의 운동량으로 실시한 저항운동은 운동 강도가 증가함에 따라 말초혈관의 수축 물질인 노르에피네프린과 피로물질인 젖산이 증가하는 경향을 보였다. 이러한 노르에피네프린의 반응은 운동 중 혈압을 과도하게 증가시킬 수 있는 valsava maneuver의 원인중 하나로 보여진다. 따라서 저강도의 저항운동이 운동 중 혈압의 과도한 상승을 줄이고 근육의 피로를 최소화하는 등 안전성을 제공하면서 저항운동의 목적인 근력강화를 꾀할 수 있을 것으로 판단된다. (대한임상건강증진학회지 2004;3:162~170)
중심단어	저항운동, 운동강도, 스트레스호르몬

서 론

저항운동은 과거 20여 년 전부터 많은 사람들로 부터 인기를 누린 운동 중 하나로, 바디빌더나 근력관련 선수들이 주로 사용하였지만 현재는 저항운동에 관한 많은 건강상의 장점이 알려지면서 대중적인 인기를 끌고 있다.¹⁾

근력의 감소는 일상생활을 수행하는데 자신감의 결여와 함께 피로의 증가로 인하여 삶의 질 저하로 이어진다.²⁾ 이에

• 교신저자 : 최 희 남 서강대학교
 • 주 소 : 서울시 마포구 신수동 서강대학교 체육실
 • 전 화 : 02-705-8561
 • E-mail : heenam2@hanmail.net
 • 접 수 일 : 2004년 8월 18일 • 채 택 일 : 2004년 9월 14일

미국스포츠의학회³⁾는 저항 운동프로그램이 근력과 근지구력의 개선뿐만 아니라 만성질환의 예방 및 관상동맥질환에 대한 위험요소의 제거와 독립심 강화에 권장하는 방법이라고 하였으며, Kraemer와 Ratamess¹⁾는 저항운동이 근비대 뿐 아니라 근력, 근파워, 스피드, 근지구력, 평형성, 협응성 등을 향상시킨다고 하였다.

연령의 증가는 성장호르몬(growth hormone)의 감소와 더불어 총에너지 소비량을 감소시켜 체지방을 증가시키는 원인이 되며 근육량과 골밀도의 감소⁴⁾를 야기하므로 낙상률과 만성질환의 유병률을 증가시키고 있다. 그러나 저항운동은 남성 호르몬(testosterone), 성장호르몬, 부신피질호르몬(cortisol)과 같은 순환호르몬의 농도를 빠르게 증가시키는 강력한 자극이 되며, 체지방량과 기초대사량의 증가를 가져와 낙상의 위험은 물론 생활습관 질환에 대한 유병률을 감소시키는데 중요한 중재역할을 한다. 또한 이러한 호르몬의 반응은 트레이닝 후 회복기 동안에 에너지 기질의 대사조절과 조직 성장에 중요한 역할을 수행한다.^{5,6)} 이에 저항운동에 의한 호르몬의 반응이 어떻게 변화하는지를 이해하는 것은 중요하다.

Fleck와 Kraemer⁷⁾는 저항운동이 체지방체중을 증가시키는 하지만, 골격근 세포의 비대는 저항 트레이닝 프로그램 방식에 따라 차이를 나타내고 있다고 하였다. 이는 사용되는 저항 트레이닝 프로그램의 방식에 따라 발현되는 순환 호르몬농도의 변화가 조직의 적응에 영향을 주기 때문이다.^{7,8)} 호르몬의 복합 작용으로 인하여 호르몬 농도에 대한 해석이 용이하지는 않지만 트레이닝으로 인한 호르몬의 반응들은 호르몬에 의해 조절되는 기전의 기능상태, 또는 내분비선(gland)의 반응 및 상태에 대한 정보를 제공한다. 혈액의 호르몬 농도가 다양한 수용기 집단의 상태 또는 세포 내 호르몬 효과를 나타내지는 않지만 일반적으로 호르몬 농도의 증가는 수용기와의 더욱 높은 상호작용의 가능성을 예상할 수 있다.⁹⁾

저항운동은 남성에게서 혈장 노르에피네프린과 에피네프린을 증가시키는 강한 자극으로 알려졌다.¹⁰⁾ 더욱이 운동강도는 카테콜라민과 성장호르몬을 포함한 다른 대사호르몬의 방출과 높은 관련성이 있으며, 운동강도가 높을수록 호르몬분비도 증가하는 것으로 나타났다.¹¹⁾

에피네프린과 노르에피네프린은 혈압과 혈장 포도당 농도의 유지에 관련된다. 또한 강한 감정적 자극에 반응하고 위험한 상황으로부터 신체를 벗어나도록 인체를 준비시키는 작용을 한다. 카테콜라민은 항상 근육 당원동원과 관련있으며, 간으로부터 포도당 동원, 지방조직으로부터의 유리지방산 동원과도 관련이 있고 조직에 의한 포도당 섭취를 방해 할 수도 있다. 또한 카테콜라민은 중추운동 자극원, 말초혈관 확장

자, 그리고 증가된 근육 효소계로서 활동하기 때문에 급속히 근력 근파워를 발휘해야하는 경우에 있어 다른 호르몬들 보다 더욱 중요하다.¹²⁾ 비록 근육조직의 성장증진에 있어서 역할은 불분명하지만 카테콜라민은 다른 동화호르몬을 자극하는 기능을 한다. 카테콜라민은 저항운동프로토콜의 신체적 스트레스를 나타내는 것으로 보인다.¹³⁾ 근력과 근비대를 목적으로 보디빌더에 의해 일반적으로 사용되는 고강도(10 RM), 짧은 휴식의 운동은 증가된 세포막의 카테콜라민 수준을 회복기 5분 동안 유지시키는 것으로 나타났다.¹³⁾ 부가적으로 에프네프린은 운동스트레스와 함께 나타나는 젖산(lactate) 농도와 상호관련이 있다. 그리고 에프네프린이 대사적 조절, 힘생산, 테스토스테론, 성장호르몬, IGF-1과 같은 호르몬들의 반응기전과 관련되어 있기 때문에 카테콜라민의 자극은 저항운동에 대한 반응으로 발생하는 첫 번째 신경 내분비 기전들 중 하나일 수 있다.⁹⁾

근력은 건강관련 체력으로 운동수행에 중요한 요소이며, 일상생활의 기능과도 높은 상관을 보이고 있어 운동프로그램에 중요한 부분으로 인지되고 있다.¹⁴⁻¹⁷⁾ 체력을 향상시키기 위한 근력운동은 유산소성 운동과 마찬가지로 운동강도의 결정시 부하설정과 조절을 적절히 할 때 트레이닝의 기대효과를 달성할 수 있게 된다.^{3,18)}

근력 운동이 대부분의 사람들에게서 근 체력트레이닝을 위해 권장되고 있고,^{6,19,20)} 이에 관한 연구들도 활발히 진행되고 있는 실정이다. 하지만 그동안 진행되어온 저항운동 강도에 관한 대부분의 연구들은 운동강도 뿐 아니라 운동량에도 차이가 있어 그에 따른 결과들이 운동강도에 따른 차이인지 운동량에 따른 차이인지 불분명하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 운동 목적에 따라 요구되는 저항운동의 적절한 중재를 위해 성인 남성을 대상으로 저항운동의 총 운동량과 set 간 휴식시간을 일정하게 유지한 상태에서 저항운동 강도에 따른 스트레스호르몬과 젖산의 농도변화를 분석하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 본 실험에서 제시되는 운동을 완수 할 수 있는 신체적 능력을 갖추고 의학적인 문제가 없는 서울소재 S 대학교와 K 대학교에 재학 중인 체육관련학과 남학생 9명으로 하였다. 연구대상자들은 연구의 목적 및 취지를 충분히

히 이해하고 피험자로 동의하였다. 피험자의 신체적 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. The characteristics of subjects.

subjects	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	percent fat(%)	Exercise career(years)
n=9	25.44 ±3.56	175.56 ±4.46	71.59 ±8.97	12.13 ±4.99	6.11 ±3.58

2. 실험방법

1) 사전 검사

등장성 최대근력(1 RM)검사는 Techno Gym社의 weight machine 6종(Knee Extension, Knee Flexion, Abdominal, Back Extension, Chest Press, Lat Pull Down)을 사용하였다. 각 부위별 1 RM의 측정방법은 Kraemer와 Fry²¹⁾의 1 RM 측정방법을 이용하여 다음과 같이 실시하였다. 먼저 피험자를 각 장비에 앉히고 각 관절을 장비의 축에 일치하도록 조정하였다. 예상되는 최대근력의 40-60% 강도로 5회에서 10회 반복하도록 하였다. 1분간 휴식 후 스트레칭을 실시한 다음 60-80% 강도로 3회에서 5회 반복하고 피험자가 최대근력을 발휘할 수 있도록 무게를 일정량 증가시켰다. 한번 성공하면 3분에서 5분간 휴식을 취하고 다음 시도를 준비하도록 하였다. 이러한 방법으로 피험자가 들어올릴 수 없을 때까지 실시하며, 3분에서 5분 이내에서 최대근력을 산출하도록 하였다. 1 RM 측정 후 1 RM의 40%, 60%, 80%에 해당하는 무게를 각각 산출하였다. 각 장비들의 1 RM 평균과 표준편차는 Table 2와 같다.

Table 2. The means and standard deviation of 1 RM

(unit: kg)			
Machine	1 RM	Machine	1 RM
Knee Extension	75 ±11.99	Back Extension	45.56± 9.50
Knee Flexion	61.67±10.90	Chest Press	69.44±12.61
Abdominal Clunch	54.44±10.14	Lat Pull Down	65 ± 5.59

values are mean±SD

2) 본 실험

(1) 운동 프로토콜

검사를 위한 혈액분석의 기초 자료를 확보하기위해 피험자는 실험 하루 전부터 음주를 금하며 과도한 신체활동 및 비일상적인 사회활동에 참여하지 못하도록 하였다. 피험자는 실험 전날 오후 9시 이후에는 음식섭취를 금하여 12시간 이상 공복을 유지하도록 하고, 평상시와 동일한 수면시간을 갖

도록 하였으며 실험 당일에는 흡연을 금하도록 하였다. 실험 절차는 Table 3에서 나타난 바와 같다. 피험자들은 측정 당일 08시에서 09시 사이에 실험실에 도착하여 30분간 안정을 취한 후 안정시 채혈을 실시하였다. 안정시 채혈 후 준비운동으로 스트레칭체조를 10분간 실시하고 트레드밀에서 최대에 중심박수의 40~60% 강도로 5분간 빠르게 걷기를 실시하였다. 저항운동전 각 장비별로 1 RM을 재측정 후 저항운동강도 40%에서 반복횟수 20회, 3set를 circuit training으로 실시하였다. 각 장비 간 휴식시간은 20~40초로 하였고, set간 휴식시간은 1분으로 하였다.

1 RM의 40%에서 1차 실험 후 1주가 경과한 뒤에 이와 동일한 방법으로 2차 실험을 1 RM의 60%에서 반복 13회, 3set를 실시하였으며, 그로부터 다시 1주 경과 후 3차 실험을 1 RM의 80%에서 반복 10회, 3set를 실시하였다. 모든 운동에서 총 운동량은 약 39,000J로 유사하게 설정하였다(Table 4).

Table 3. The process of testing.

-60min	-30min	-15min	-5min	20-40min	Post exercise	Recovery 30min
Lab. arrival and resting	Blood sampling	Stretching	Brisk walking	1st: 40% of 1 RM 20Rep. 3set	Blood sampling	Blood sampling
				2nd: 60% of 1 RM 13Rep. 3set		
				3rd: 80% of 1 RM 10Rep. 3set		

Table 4. The means and standard deviation of total work by resistance exercise intensity.*

Exercise Intensity	40% of 1 RM	60% of 1 RM	80% of 1 RM
Repetition	20	13	10
Total work†(J)	39,347±5,107.46	38,188.11±4,756.29	40,126.92±4,333.71

* Values are mean±SD.

† Work(J) = Weight(kg) × Repetitions × Sets × 9.8 × Vertical distance (m);
Total work : Sum of the six portions' work(J)

(2) 채혈 및 분석

채혈은 각 실험 당 총 3회에 걸쳐 실시하였는데, 1차 채혈은 실험 당일 12시간 공복을 유지한 상태에서 08시30분에서 09시 30분 사이에 좌측 상완정맥에서 안정시의 채혈을 실시하고 2차는 저항운동 직후, 3차는 운동종료 후 회복기 30분에 실시하였다. 매 채혈은 약 12mL 씩 채취하였으며, 이중 5mL는 CBC vacutaner에, 2mL는 sodium fluoride potassium oxalate가 첨가된 vacutaner에 주입 후 각각 원심분리기를 사용하여 3,000RPM으로 10분간 원심분리를 실시하였다. 혈장분

리 후 냉동 처리하여 N제약회사혈액분석실로 운반하여 의뢰하였다.

3. 자료처리

본 연구를 위한 자료처리방법은 SPSS 통계프로그램(version 10.0)을 이용하여 다음과 같이 분석하였다.

1) 각각의 저항운동 강도에 따른 혈중 카테콜라민과 젖산의 농도를 분석하기 위하여 안정시, 저항운동 직후, 회복기 30분의 평균과 표준편차를 산출하였다.

2) 저항 운동 강도에 따른 안정시, 저항운동 직후, 회복기 30분의 혈중 카테콜라민과 젖산의 농도 차이를 알아보기 위하여 two-way repeated ANOVA를 하였으며, 구체적인 검증을 위하여 one-way ANOVA를 실시하였다. 유의한 차이에 대해서는 사후 비교방법으로 Tukey법을 사용하였다.

3) 모든 자료에 대한 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

본 연구는 성인 남성을 대상으로 저항운동의 총 운동량과 세트 간 휴식시간을 일정하게 유지한 상태에서 저항운동 강도를 1RM의 40%, 60%, 80%로 달리한 상태로 운동을 수행하였다. 저항운동강도에 따라 근 비대와 지방대사 및 식욕에 관련된 호르몬의 농도변화 즉 신경내분비계의 반응을 분석하기 위한 연구로 결과는 다음과 같다.

1. 저항운동 강도에 따른 에피네프린의 반응

다양한 강도의 저항운동에 대한 에피네프린의 반응은 Table 5와 Figure 1과 같이 나타났다. 에피네프린의 반응에 대한 운동강도간과 시간경과별에 대한 반복분산분석을 실시한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6에서 나타난 바와 같이 각 강도에 따른 에피네프린의 반복 분산 분석은 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 시간경과별 간에서는 유의한($F(2, 48)=35.38, p<0.0001$) 차이를 보였고, 강도 및 시간경과별에 대한 교호작용 효과는 없는 것으로 나타났다.

2. 저항운동 강도에 따른 노르에피네프린의 반응

다양한 강도의 저항운동에 대한 노르에피네프린의 반응은

Table 5. The means and standard deviation of epinephrine by acute resistance exercise on various intensities.*
(unit: pg/mL)

Exercise Intensity	Pre	Post	Rec
40%	27.57±14.94	47.87±38.23	25.76±11.33
60%	22.87±7.53	46.57±13.40	25.37±9.28
80%	25.37±12.02	69.92±32.48	31.98±14.38

* Values are mean±SD

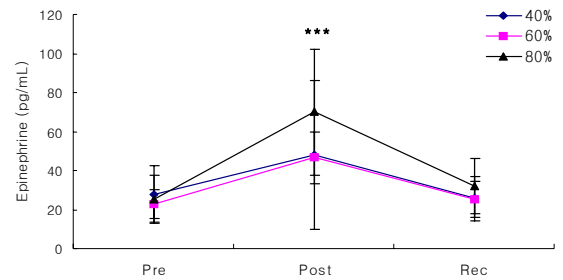


Figure 1. The responses of epinephrine concentration according to acute resistance exercise on various intensities.*

* differences among the times(*** $p<0.001$)

Table 6. The result of two-way repeated ANOVA on responses of epinephrine concentration.*

Source	df	SS	MS	F	Pr>f
Intensity	2	1774.95	887.48	1.15	0.333
Error	24	18503.03	770.96		
Time	2	14497.84	7248.92	35.38	0.0001†
Intensity*Time	4	1673.17	418.29	2.04	0.103
Error	48	9832.84	204.85		

* differences among the times ; †: $p<0.001$

Table 7과 Figure 2 같이 나타났다. 노르에피네프린 반응에 대한 운동강도간과 시간경과별에 대한 반복분산분석을 실시한 결과는 Table 8과 같다.

Table 8에서 나타난 바와 같이 각 강도에 따른 노르에피네프린의 반복 분산 분석은 유의한($F(2, 24)= 11.09, p<0.001$) 차이가 나타났으며, 시간경과별에서도 유의한($F(2, 48)=65.49, p<0.0001$) 차이를 보였고, 강도 및 시간경과별에 대한 교호작용 효과도 유의하게($F(4, 48)=9.68, p<0.0001$) 나타났으나 상호작용의 실제적 의의(practical significance)를 검토한 결과 운동강도와 시점간의 상호작용효과는 없었다.

시간경과별에서 운동강도 간의 유의한 차이에 대한 구체적인 일원변량분석 결과는 Table 9와 같다.

Table 7. The means and standard deviation of norepinephrine by acute resistance exercise on various intensities.* (unit: pg/mL)

Exercise Intensity	Pre	Post	Rec
40%	218.10±63.49	387.80± 81.26	232.08± 86.35
60%	262.67±98.55	672.78±278.42	365.90±204.44
80%	241.47±65.64	1004.14±300.29	380.48±159.18

* Values are mean±SD

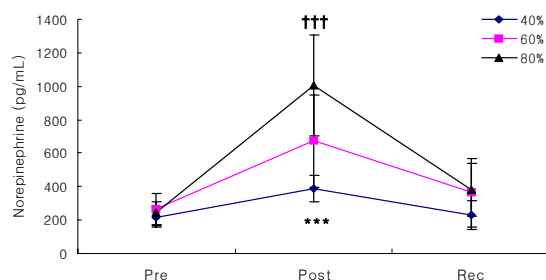


Figure 2. The responses of norepinephrine concentration according to acute resistance exercise on various intensities.

* : differences among the times(*** p<0.001)
† : differences among the intensities(††† p<0.001)

Table 8. The result of two-way repeated ANOVA on responses of norepinephrine concentration.*

Source	df	SS	MS	F	Pr>f
Intensity	2	941286.745	470635.37	11.09	0.0004†††
Error	24	1018489.85	42437.08		
Time	2	3047901.52	1523950.76	65.49	0.0001***
Intensity*Time	4	900778.55	225194.64	9.68	0.0001***
Error	48	1117027.76	23271.41		

* differences among the times(*** p<0.001)
† differences among the intensities(††† p<0.001)

Table 9. The result of one-way repeated ANOVA on responses of norepinephrine concentration following time course by resistance exercise.*

Item	Source	df	SS	MS	F	Pr>f	Post-hoc
Pre	Intensity	2	8944.89	4472.44	0.74	0.468	-----
	Error	24	144409.94	6017.08			H M L
Post	Intensity	2	1712690.0	856345.01	14.74	0.000†††	--- --- ---
	Error	24	1394373.9	58098.96			H M L
Rec	Intensity	2	120430.38	60215.19	2.42	0.110	-----
	Error	24	596732.75	24863.87			H L M

* : differences among the intensities(††† p<0.001)
H : High intensity(80% of 1 RM), M: Moderate intensity(60% of 1 RM),
L: Low intensity(40% of 1 RM)

3. 저항운동 강도에 따른 젖산의 반응

다양한 강도의 저항운동에 대한 젖산의 반응은 Table 10과 Figure 3과 같다.

젖산반응에 대한 운동강도간과 시간경과별에 대한 반복분산분석을 실시한 결과는 Table 11과 같다. Table 11에서 나타난 바와 같이 각 강도에 따른 젖산의 반복 분산 분석은 유의한(F(2, 24)=538.28, p<0.05) 차이가 나타났으며, 시간경과별에서도 유의한(F(2, 48)=351.88, p<0.0001)차이를 보였고, 강도 및 시간강도별에 대한 교호작용 효과는 없는 것으로 나타났다.

시간경과별에서 운동강도 간의 유의한 차이에 대한 구체적인 일원변량분석 결과는 Table 12와 같다.

Table 10. The means and standard deviation of lactate by acute resistance exercise on various intensities.* (unit: mg/dL)

Exercise Intensity	Pre	Post	Rec
40%	8.06±2.22	103.91±14.43	20.34± 6.27
60%	8.17±1.90	123.32±29.72	29.81±14.73
80%	8.43±4.27	140.02±35.27	39.09±19.16

* values are mean±SD ; conversion factor 1 mg/dL = 0.111 mmol/L

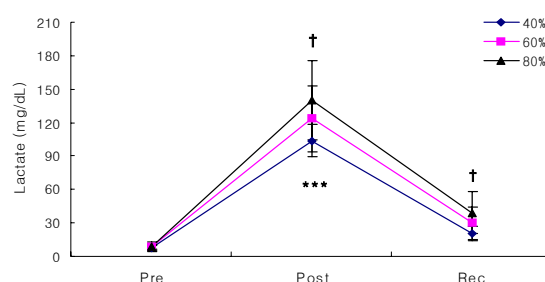


Figure 3. The responses of lactate concentration according to acute resistance exercise on various intensities.*

* differences among the times(*** p<0.001)
† differences among the intensities(† p<0.05)

Table 11. The result of two-way repeated ANOVA on responses of lactate concentration.*

Source	df	SS	MS	F	Pr>f
Intensity	2	4579.85	2289.92	538.28	0.012†
Error	24	10322.18	430.09		
Time	2	198836.66	99418.33	351.88	0.0001***
Intensity*Time	4	2881.06	720.27	2.55	0.051
Error	48	13561.78	282.54		

* differences among the times(*** p<0.001)
† differences among the intensities(† p<0.05)

Table 12. The result of one-way repeated ANOVA on responses of lactate concentration following time course by resistance exercise.

Item	Source	df	SS	MS	F	Pr>f	Post-hoc
Pre	Intensity	2	.68	.34	0.04	0.93	-----
	Error	24	214.20	8.93			H M L
Post	Intensity	2	5879.08	2939.54	3.78	0.038 [†]	-----
	Error	24	18684.60	778.53			H M L
Rec	Intensity	2	1581.15	790.57	3.81	0.037 [†]	-----
	Error	24	4985.16	207.72			H M L

[†] : differences among the intensities($T_p < 0.05$) ; H : High intensity (80% of 1 RM), M : Moderate intensity(60% of 1 RM), L : Low intensity (40% of 1 RM)

고 찰

1. 저항운동이 카테콜라민의 농도에 미치는 영향

스트레스 호르몬 중 카테콜라민은 운동강도, 운동시간과 환경온도의 변화에 의해 분비량의 변화를 나타내며 심박수, 심장 수축력 증가 및 간과 근육의 글리코겐의 분해를 촉진하고 혈중으로 포도당과 지방산을 방출하는 기능수행 등 생리적 조절에 있어 중요한 역할을 한다. 카테콜라민 중 노르에피네프린은 부신수질로부터 방출되어 심장과 뇌를 제외한 모든 기관에서 혈관을 수축시켜 말초저항을 증가시키며, 에피네프린은 교감신경계 종말로부터 방출되어 말초혈관을 이완시켜 말초저항을 감소시키는 역할을 한다.²⁹⁾ 운동과 카테콜라민에 대한 선행 연구들을 살펴보면 운동강도 및 스트레스 자극 정도에 따라 카테콜라민 수준은 비례적으로 증가하며,^{23,24)} 동맥내 혈장 노르에피네프린과 에피네프린수준은 동적 운동뿐만 아니라 정적 운동시에도 시간과 운동강도 증가에 따라 직선적으로 증가하며 노르에피네프린은 낮은 부하의 운동강도에서도 에피네프린보다 현저하게 증가한다고 제시하였다.²⁵⁾

본 연구에서도 Pullinen 등¹⁰⁾의 연구결과와 같이 저항성 운동시 카테콜라민의 수준이 현저히 증가하는 경향을 보였으며, 더욱이 운동강도가 증가함에 따라 노르에피네프린의 증가도 각 강도에서 유의한 차이를 보이며 증가하였다. 이는 저항운동의 강도가 증가함에 따라 비례적으로 발현되는 노르에피네프린에 의해 야기되는 말초혈관의 수축은 저항운동 시 발생할 수 있는 valsalvar maneuver와 같은 운동 중 혈압을 과도하게 증가시킬 수 있는 원인으로 생각되어진다.

혈중 젖산농도는 근육 내의 무산소적 에너지 시스템의 동

원 정도를 추측하게 해주는 척도로 사용된다. 젖산의 축적은 근 피로와 근 통증, 산소부채를 유발하는 주요인으로 단일세트의 운동보다 점증적인 다중 세트의 운동시 상대적으로 높은 혈중 젖산농도를 보였다고 보고하였는데 이러한 결과는 다중 세트의 운동시 근육의 글리코겐 사용이 더욱 증가되었기 때문인 것으로 해석하였다.^{26,27)}

휴식시 근육과 혈액내에 축적되어 있는 젖산의 농도는 약 1.1 mmol/l이며, 최대산소섭취량 수준의 40% 강도로 운동을 할 때까지 변화를 보이지 않다가, 그 이상으로 높아짐에 따라 축적량이 점차 증가하며 일정한 지점에 이르러서는 급격히 증가된다. 점증적 운동부하에 따른 젖산 농도의 축적양상은 근육의 수소이온(H^+)의 증가, pH 농도의 감소, 세포의 산성도가 증가하여 효소 활동의 억제를 유발하며, 근수축작용의 저하를 가져와 근피로에 의한 운동능력의 장애요인으로 작용한다.²⁸⁾

운동 중 4 mmol/l 이상의 젖산이 축적되면 간에서의 젖산 흡수력이 감소하고 혈액 내의 젖산 축적이 급속도로 증가하기 시작하여 젖산함량이 높아지면 근 피로의 원인이 되어 운동을 중지하게 되거나 강도를 감소시키게 된다.²⁹⁾

김영표와 이계영²⁸⁾의 연구에 의하면 3set를 실시한 circuit weight training에서 강도에 따른 혈중 젖산농도는 1 RM의 40%와 60%의 운동강도에서 2set에 각각 4.89 ± 0.82 mmol/l, 5.89 ± 0.71 mmol/l, 3set에 6.02 ± 0.79 mmol/l, 7.21 mmol/l로 2set부터 4 mmol/l 이상의 젖산이 축적되었으며, set수의 증가에 따라 젖산의 축적이 유의하게 증가하였고, 운동강도가 높을수록 혈중 젖산의 축적도 증가하는 경향을 보였다. 본 연구에서도 set 간 휴식시간과 총 운동량이 동일한 상태에서 저항운동강도가 증가함에 따라 혈중 젖산 농도가 유의한 차이를 보이며 증가하는 경향을 보여 선행 연구들과 일치하는 결과를 보였다. 이는 저항운동강도의 증가가 무산소성 에너지 대사과정을 더 많이 동원하므로 발생하는 것이라 할 수 있다.

1 RM의 40%, 60%, 80%의 저항운동에 따른 근비대관련 호르몬의 반응을 분석한 유재현 등³⁰⁾은 운동강도에 차이없이 운동직후 근비대관련 호르몬의 유의한 증가를 보였다고 한다. 이에 본 연구와 유재현 등³⁰⁾의 연구를 종합해 볼 때 운동량이 30,000J 이상인 운동에서는 근질량 관련 호르몬의 증가를 강도에 차이 없이 유발시키나 운동강도의 증가에 따라 비례적으로 동원된 무산소성 에너지 대사과정에 의해 피로물질인 젖산의 축적이 많아지므로 운동 후 피로회복의 차원에서 고강도 저항운동보다 저강도의 저항운동으로 실시하는 것이 근비대 관련 호르몬의 환경을 유사하게 제공하면서 피로에 관

련하여 장점을 제공한다고 할 수 있다.

최근 유재현 등³¹⁾은 저항운동강도에 따른 leptin의 반응연구에서 1RM의 40%와 80%로 실시한 운동에서 leptin이 감소한 것에 반해 1RM의 60%로 실시한 운동에서는 leptin 수준이 증가하는 경향을 보여 운동 후 식욕을 덜 자극할 것으로 예측하여 체중조절을 위한 근력운동의 경우 운동강도를 1RM의 60%로 권장하였다. 본 연구에서는 운동강도가 증가함에 따라 말초혈관 수축물질인 노르에피네프린과 피로물질인 젖산이 유의하게 증가하였다. 따라서 고혈압이나 심질환자, 고령자의 경우, 근력향상이나 근비대를 목적으로 한다 할지라도 저강도의 많은 반복횟수가 안전성을 제공하면서 운동 목적을 달성할 수 있을 것으로 판단된다.

차후 연구에서는 연구대상을 달리한다거나 저항운동 강도별로 운동 직후 혈압과 피로에 대한 자각인지 정도를 파악하여 본 연구를 보완하는 것도 의미있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(4):674-88.
- Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Medicine* 2004;34(5):329-48.
- ACSM. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*(6th Ed.). Lipponcott Williams and Wilkins: Philadelphia. 2000.
- Maddalozzo GF, Snow CM. High intensity resistance training: Effects of bone in older men and women. *Calcif Tissue Int*, 2000;66:399-404.
- Jeffrey TL, Frederick MI, Alice SR, Greg FM, Diane EH, Jeffrey EM, et al. Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(4):532-41.
- Smilios I, Pilianidis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(4):644-54.
- Fleck SJ, Kraemer WJ. *Adaptations to resistance training, in: Designing Resistance Training Programs*(2nd Ed) Champaign, IL, Human Kinetics 1997;131-63.
- Kraemer WJ, Dziados JE, Marchitelli LJ, Gordon SE, Harman EA, Mello R, et al. Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma β endorphin concentrations. *J Appl Physiol* 1993;74(1):450-9.
- Tomas RB, Roger WE. *Essentials of strength training and conditioning*(2nd Ed). Human kinetics. 2000.
- Pullinen T, Mero A, Pakarinen P, Komi, PV. Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(5):806-13.
- Weltman AC, Pritzlaff CJ, Wideman L, Considine RV, Fryburg DA, Gutgesell ME, et al. Intensity of acute exercise does not affect serum leptin concentrations in young men. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9):1556-61.
- Kraemer WJ, Patton JF, Knuttgen HG, Hannan CJ, Kittler T, Gordon S, et al. The effects of high intensity cycle exercise on sympatho-adrenal medullary response patterns. *J Appl Physiol* 1991b;70:8-14.
- Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Culver BW. hysiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med* 1987;8:247-52.
- 김성수, 유재현, 심영제, 이철원, 지용석, 유광욱 등. 슬관절 등장성 최대근력과 등속성 최대회전력간의 비교연구. *한국사회체육학회지* 2002;18:1009-16.
- Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND. High-intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 1990;263(22):3029-34.
- Rogers MA, Evans WJ. Change in skeletal muscle with aging: Effect of exercise training. *Exer Sports Sci Res* 1993;21:67-102.
- Schultz AB. Mobidity impairment in the elderly: Challenges for biomechanics research. *J Biomechanics* 1992;25(5):519-528.
- Deschenes MR, Kraemer WJ. Performance and physiologic adaptations to resistance training. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81(Suppl):S3-S16.
- ACSM. Position stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;32:364-80.
- Feigenbaum MS, Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:38-45.
- Kraemer WJ, Fry AC. Strength testing: Development and evaluation of methodology. In V. H. Heyward., *Advanced fitness assessment & exercise prescription* (3th Ed.). champaign,

- IL: Human Kinetics. 1995.
22. 강두희. *생리학*. 신광출판사. 서울. 1998.
23. Favier RJ. Catecholamines and metabolic responses to submaximal exercise in untrained man and women. *Eur J Appl Physiology* 1983;50:393-404.
24. Lehmann M. Time and intensity dependent catecholamine responses during graduated exercise as an indicator of fatigue and exhaustion. *Biochemical Exercise* 1982;13:738-48.
25. Galbo H, Houston ME, Christensen NJ, Holst JJ, Nielsen B, Nygaard E, et al. The effect of water temperature on the hormonal response to prolonged swimming. *ACTA Physiologica Scandinavia* 1979;105(3):326-37.
26. 장용수, 강호율. 저항성 운동시 운동량의 차이가 혈중 성장 호르몬, 테스토스테론, 코티졸의 분비에 미치는 영향. *한국체육학회지* 2003;42(2):429-37.
27. Gladden LB. The role of skeletal muscle in lactate exchange during exercise. *Med Sci Sports Exer*(Symposium) 2000; 753-5.
28. 김영표, 이계영. 씨킵트 웨이트 트레이닝 운동강도가 혈중 젖산, 글루코스 및 운동자각도에 미치는 영향. *대한스포츠의학회지* 1999;17(1):65-74.
29. Stegmann H, Kindermann W. Comparison of prolonged exercise test at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4mMol/l lactate. *Int J Sports Med* 1982;3(2):105-10.
30. 유재현, 김성수, 김명기, 윤성진, 김은경, 이은경 등. 다양한 저항운동이 Testosterone, growth hormone, IGF-1, cortisol 반응에 미치는 영향. *한국체육학회지* 2004;43(3):713-25.
31. 유재현, 김은경, 유광욱. 저항운동 강도에 따른 leptin의 반응. *운동과학* 2004;13(2):223-32.

[Abstract]

The Responses of Catecholamine and Lactate on Resistance Exercise of Various Intensities

Jae-Hyun Yoo, Hee-Nam Choi¹⁾

Research Institute of Sports Science, Korea University, Sogang University¹⁾

Background	Resistance exercise has been one of the major potent stimulus to the neuromuscular system. Based on the specific program design, resistance training has been reported to enhance strength, power, or local muscular endurance. However, the scientific basis of the exercise intensity has not been enough to manifest about several hormone(e.g. anabolic, catabolic or appetite hormone). So, the purpose of this study was to define that the responses of catecholamine and lactate after resistance exercise of high level intensity(HI), moderate level intensity(MI), and low level intensity(LI).
Methods	<p>The subjects for this study were 9 men(age: 25.4±3.56 yrs.; height: 175.6±4.46 cm; weight: 71.6±8.97 kg) who didn't have history of cardiopulmonary diseases and medical problems.</p> <p>They performed the circuit resistance training using HI(10reps at 80% of one-repetition maximum(1 RM), 1 min rest), MI(13reps at 60% of 1 RM, 1 min rest), and LI(20reps at 40% of 1 RM, 1 min rest) protocols with 3 sets. Approximately, total exercise volume was 39,000J on all of the exercise protocols. The concentrations of stress hormone and lactate was measured at three different times: pre, post and recovery thirty minutes of the exercise.</p> <p>For the data, all of the measurements were represented by mean and standard deviation using SPSS statistical package(version 10.0). The statistical techniques for data analysis were two-way repeated ANOVA to determine the differences between each intensity and each time. One-way ANOVA was used to the specific analysis of exercise intensity. The 5% level of significance was used as the critical level for acceptance of hypotheses of the study.</p>
Results	<p>The results of this study were shown as follows:</p> <p>The catecholamine was increased in proportion to the resistance exercise intensity. Moreover, norepinephrine was significantly remarkably increased than epinephrine was. Significantly, the lactate was increased in proportion to the resistance exercise intensity. Whereas, free fat acid was decreased after resistance exercise.</p>
Conclusions	The results of this study suggested that LI resistance exercise training could contribute to safety more than MI or HI resistance exercise could. In other words, relatively lower resistance of exercise intensity would decreased injury ratio, fatigue, and prevented to the excessive increment of blood pressure. (Korean J Health Promot Dis Prev 2004; 3:162~170)
Key words	Resistance training, exercise intensity, Stress hormone

• Address for correspondence : Hee-Nam Choi
Sogang University
• Tel : 02-705-8561
• E-mail : heenam2@hanmail.net