

웨이트트레이닝 강도 차이에 따른 운동피로 변인과 근전도 변화에 미치는 영향

한 승 완¹⁾ 이 원 재²⁾

**The change in blood lactic acid level, heart rate, and electromyogram
in the intervals between weight training exercise load strength**

Han, Seung-Wan¹ Lee, Won-Jae²

Abstract

In this study, post-exercise blood lactic acid levels, heart rates, and electromyogram were measured to identify the change in fatigue after the exercise with weight tools such as arm curl, bench press, and leg press to low-strength multiple repeat group(40% 1RM) and high-strength small repeat group (80% 1RM) that consist of male students with not more than one year of exercise history with no weight training; in terms of the change in lactic acid levels after exercise, no significant difference was found in case of arm curl and leg press types but high-strength multiple repeat group showed significantly high difference in case of bench press ($p<0.01$) and, in terms of the change in heart rates, high-strength small repeat group showed significantly high difference in case of leg press type only($P<0.01$). In terms of the change in electromyogram, no significant difference was found in left but significant difference was found in right, in case of arm curl; in case of bench press, high-strength small repeat group showed significantly high difference in both left and right($p<0.01$). In case of left or right leg press, no significant difference was found.

Such result of the study seemed to be caused by the difference in the times of repeated same-quantity exercise and in the types of weight training and, if the strength of exercise, period of rest, quantity of exercise, and quantity of sets are appropriately controlled, positive result will be obtained in the improvement of physical strength; therefore, additional studies including examination of muscular fatigue by weight training would be required.

Key words : weight training, blood lactic acid, heart rate, fatigue

1) 2) 계명대학교
704-701 대구광역시 달서구 신당동 1000

1. 2. Keimyung University
1000 Sindangdong Dalseo-gu Daegu
704-701 Korea

I. 서 론

현대사회는 문명의 발달로 인하여 삶의 질은 향상되었으나, 신체활동량의 부족을 심화 시키고 있다. 고도로 발달된 현대문명은 신체활동 기회의 감소와 풍부한 식생활로 인해 체력저하와 각종 질병과 성인병의 원인이 되고 있다.

성인병의 예방과 치료로서 의학적 처치는 물론 식이요법, 운동요법, 생활습관의 개선 등 다각적인 대처가 필요하다. 이러한 대처방법들은 질병의 종류, 병인, 증세에 따라 신중히 선택되고 병행하여 시행될 때 그 효과를 증가시킬 수 있다. 특히 그러한 질환의 치료를 위한 방법 중 운동요법의 필요성과 구체적 방법에 대한 관심이 점차 증대되고 있는 실정이다(김성수 등, 1991).

Sprague & Reynold(1983)는 웨이트트레이닝은 바벨, 덤벨 및 각종 머신 등과 같은 저항 운동기구를 사용하는 중량 저항운동으로써 보디빌딩, 근력트레이닝, 운동경기 체력단련, 신체적성 및 부상회복을 위해서 사용되는 운동으로, 근력을 통계적으로 유의하게 증가시킴으로써 근의 크기 즉, 근비대 현상을 가져올 뿐 아니라 근육량과 제지방량을 증가시키는 효과를 가지기도 한다고 하였다.

강희성 등(1992)에 의하면 보디빌딩의 올바른 트레이닝은 건강을 증진시키고 체력을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 특히, 운동선수들은 이 운동을 기초체력 강화 운동으로 채택, 체력 강화에 활용함으로써 경기성적의 향상을 기하고 있다(이석인, 신정태, 김재수, 이한경, 1997).

웨이트트레이닝시 어떠한 방법으로 하느냐에 따라 우리 인체는 여러 가지 반응을 보이게 되는데, 특히 중량에 대한 부하강도에 따라 신체에 미치는 반응은 각기 다르게 나타나게 된다.

ACSM(1995)에 의하면, 저항운동 강도에 영향을 미치는 것은 운동부하와 반복횟수, 운동종목과

세트간의 휴식시간, 세트수라고 하였다.

이와 관련한 선행 연구를 살펴보면, 정성국(1987)은 체육전공학생 16명을 대상으로 8주간 트레이닝을 실시한 결과, 1RM의 80%와 60%로 트레이닝을 실시 한 두 그룹 모두 현저한 체력증강이 있었으나 1RM의 80% 부하강도로 훈련한 그룹이 1RM의 60%의 부하강도로 훈련한 그룹보다 근력에서 현저한 증강효과를 가져왔으며 순발력, 민첩성, 심폐지구력에 있어서는 1RM의 60%로 트레이닝 한 그룹이 더 큰 증강효과를 가져왔다고 보고하였다.

근력향상을 위해 웨이트트레이닝은 많은 도움이 되지만 그 외에도 신체에 다른 영향을 미치는 데 그 중에 여러 운동부하강도에 따른 피로에 관한 선행연구를 살펴보면, Thornton 등(2002)은 심박수와 혈중 젖산 농도는 저항성운동 강도가 높은 집단이 낮은 집단에 비해 운동 중에 유의하게 높았으며, 운동 직후부터 20분까지는 저항성 운동군이 통제군 보다 높다고 보고하였으며, 세트수와 반복횟수의 증가, 그리고 짧은 휴식시간의 경우 혈중 젖산 농도가 유의한 증가를 보인 것으로 보고하였다.

이와 같이 운동 시에는 피로 물질이 쌓이게 되는데 웨이트트레이닝의 올바른 방법을 숙지하지 못하고 운동을 한다면 피로 물질이 빨리 쌓이고 근육의 발달에 오히려 역효과가 발생하게 된다.

Darden & Ellington(1975), Connor(1976), Goris 등(1986)은 웨이트트레이닝은 근육량과 제지방(Lean Body Mass : LBM)을 증가시키며, 체지방(body fat)을 감소시키는 효과도 있으나 피로 물질을 축적시키기도 한다고 보고 하였으며, 웨이트트레이닝은 근력향상 및 제지방량 증가 등에 많은 도움이 되지만, 장시간의 트레이닝과 과부하로 인해 근육내 피로물질을 축적시키기도 한다.

Thornton 등(2002)의 연구에서는 심박수와 혈

중젓산 농도는 저항성운동 강도가 높은 집단이 낮은 집단에 비해 운동 중에 유의하게 높았으며, 운동 직후부터 20분까지는 저항성 운동군이 통제군 보다 높다고 보고하였다.

근육의 피로(fatigue)는 근 장력을 최대로 유지시킬 수 있는 능력의 손실로 정의 된다(Bigland-Ritchie, Cafarelli, & Vøllestad, 1986; Vøllestad, 1997; Vøllestad et al, 1988). 사람의 근육을 최대 수축 상태로 유지할 수 있는 시간은 2~3초 밖에 안 되는 반면, 최대수축의 15%에서는 10분 이상 그 힘을 유지시킬 수 있는 것으로 알려져 있다(성효경 & 김기환, 1997). 또 다른 근피로의 원인으로써 운동에 의한 근육의 피로는 글리코겐의 분해에 의한 젓산의 축적과 관계가 있다. 휴식 시에는 그 일부가 산화 분해되지만 대부분 원래의 글리코겐으로 재합성한다. 젓산은 운동의 형태와 강도에 따라 근육활동 중 글루코스의 무산소적 대사(anaerobic metabolism)에 의해서 초성포도당으로부터 생성되며 혈액과 젓산의 차이에 따라서 근육 속에 축적된다.

근육의 피로는 운동계의 모든 단계에서 올 수 있으나 가장 흔한 원인은 저장된 에너지 또는 에너지 대사에 쓰일 기질의 고갈, 에너지 생성 작용에 필요한 효소의 고갈, 산소의 공급 부족 그리고 대사 노폐물이나 열의 축적 때문에 대사 작용이 방해받을 때 등이다(김진호 & 한태륜, 1999; Duchène and Goubel, 1990). 그 결과 불쾌, 능률저하 그리고 어떤 자극에 대한 반응능력의 상실이 나타난다(이우주 2000).

따라서 본 연구는 체육전공자들을 대상으로 웨이트트레이닝의 운동강도에 따른 근피로의 대사물질인 혈중젓산농도와 심박수 그리고 근전도 검사를 통한 근피로도를 비교 분석하여 웨이트트레이닝 방법에 따른 피로 정도의 차이를 알아보는 것은 의미가 있는 것으로 생각된다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 D광역시 소재 K대학교에 재학 중인 체육대학 남학생으로 전문적인 웨이트트레이닝 훈련을 하지 않은 운동경력 1년 미만으로 실험 목적과 방법에 대한 설명을 듣고 난 후 참여를 하였으며, 의학적으로 신체에 특별한 질환이 없고, 실험 기간 동안 어떠한 약물도 복용하지 않은 남학생 10명을 대상으로 하였다. 신체적 특성은 <표 1>에서 보는 바와 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

Items Group	Height (cm)	Body weight (kg)	Body fat (%)	Lean body mass (kg)	Case of No
HI/LI	176.40	75.53	16.23	63.01	10
LI/HI	±4.75	±10.42	±4.70	±10.78	

Values are Mean ± SD

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

2. 측정항목 및 운동방법

1) 신체조성측정

신체조성 측정은 부위별 직접 다주파수 측정법(Direct Segmental Multi-frequency Bioelectrical Impedance Analysis Method; DSM-BIA 방식)을 이용한 InBody 3.0을 이용해서 체중(body weight), 체지방량(lean body mass), 체지방률(% body fat)을 측정하였다.

2) 1RM 측정

1RM(repetition maximum)은 직접 방법과 간

접 방법으로 산출 할 수 있는데 이 연구에서는 간접방법을 이용하여 산출하였다. 먼저 피험자에게 자신이 7~8회 정도 들어 올릴 수 있는 무게를 선택하도록 하였다. 10회 이상을 넘어가게 되면 1RM을 산출하는데 있어 많은 오차가 발생하게 되므로 가능한 적은 횟수를 할 수 있도록 적절한 무게를 선택하도록 피험자에게 지시하였으며, 각각의 동작은 일정한 박자에 맞추어 한 동작이 완전히 이루어 저야만 횟수를 세어주었다. 이렇게 얻은 반복 횟수와 들어 올린 무게를 아래와 같은 식에 대입하여 1RM을 추정하였다.

$$1RM = W_0 \times W_1 : W_1 = W_0 \times 0.025 \times R$$

W_0 = 충분한 준비운동 후 무겁다고 생각되는 중량
(7~8회 반복 수축이 가능한 무게)

R = 반복회수

3) 심박수 측정

심박수는 벨트형 무선 심박수 측정기(Polar Advantage NV, Finland)의 수감부가 심장 부위에 오도록 피험자의 가슴 밑 둘레선에 착용하고 안정 시와 각 세트가 끝난 뒤 저장 시킨 뒤 실험 종료 후 윈도우즈용 소프트웨어 프로그램을 사용하여 출력하였다.

4) 혈중젖산농도 측정

혈중젖산농도를 분석하기 전에 자동 혈중젖산 분석기(YSI 1500, U.S.A)를 30~40분 warming-up 시킨 후 5mM/ℓ의 표준용액 (standard solution)을 syringe pet으로 주입하고 30~40초 관찰하여 3~4회 반복 calibration을 하였다. 이후 fingertip으로 채혈하여 모세관(capillary tube)에 담은 후 syringe pet을 이용하여 분석하였으며, 안정시와 세트사이, 저항운동이 끝난 후 채혈하여 측정하였다.

5) 근전도 측정

표면 근전도 측정기구로 EMG 100B(Biopac System Inc.)를 사용하였으며, 표면전극(Surface Electronic)은 직경 9mm의 전극(Ag-AgCl dual electrode)으로 하였으며, 전극간 거리는 2.5cm로 설정하였다. 근전도 측정에서 Arm curl은 상완 이두근, Bench press는 대흉근, Leg press는 대퇴 사두근에 부착하였으며, 근전도는 활동근육의 양극 표면전극을 통해 측정하였다. 근전도 신호들은 증폭기 EMG100(Biopac System Inc.)에 의해 5000배 증폭되었고, 60~500Hz의 대역역파기(Band-pass filter)를 통해 정류하였으며, 근전도 신호의 샘플링 빈도는 1000Hz로 설정하였다. 측정된 자료는 컴퓨터에 저장되었으며 분석프로그램(Telescan, laxtha, korea)을 이용하여 시간에 따라 근피로도를 분석하였다.

6) 운동방법

(1) 운동프로그램은 운동부하 강도에 따라 고강도 소반복과 저강도 다반복으로 구분하였으며, 고강도 저반복은 1RM의 80%로 하였고, 저강도 다반복은 1RM의 40%로 하였다.

(2) 운동을 하기 전에 대상자들은 스트레칭을 10분간 실시하고 측정에 사용될 웨이트트레이닝 기구를 한번 씩 연습을 하였으며, 충분히 몸을 풀고 측정에 임하였다.

(3) 고강도 소반복 5명, 저강도 다반복 5명씩 먼저하고, 일주일간 충분한 휴식을 취한 뒤 고강도 소반복을 한 피험자 5명은 저강도 다반복을 실시하고 저강도 다반복을 한 피험자 5명은 고강도 소반복을 실시하도록 하였다.

(4) 반복횟수는 고강도 소반복이 10회, 저강도 다반복은 20회로 하였고 3세트씩 반복하였으며, 운동량은 동일 시 하였다.

(5) 세트 간 휴식은 60초로 정적 휴식을 취하였으며, 웨이트트레이닝 기구는 암컬, 벤치프레스, 레그프레스 세 가지로 상체와 하체에 관한 기구 운동으로 정하였다.

7) 자료처리

운동부하 강도 차이에 따른 혈중젖산농도와 심박수, 근전도 변화에 대한 시기 및 조건간 차이검증을 위하여 이원변량반복분석(two-way repeted ANOVA)을 실시하여 평균 및 표준편차를 산출하였고, 상호작용이 나타날 경우 사후검증 방법으로 시기간에는 대비검증을 실시하였으며, 조건간에는 Independent t-test를 실시하였다. 유의수준은 5%로 하였다.

III. 결 과

1. 심박수

1) Arm curl의 변화

심박수의 차이검증을 위한 이원변량분석을 한 결과 <표 2>와 같이 주효과 시기에서 유의한 [$F=56.847$ ($p<0.001$)] 차이가 나타났고, 주효과 조건에도 유의한 [$F=7.117$ ($p<0.05$)] 차이가 나타났으나, 상호작용 시기*조건에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시기에 대한 사후검증 결과 두 조건 모두 안정시보다 1set와 2set, 3set에서 유의하게($p<.001$) 높게 나타났다.

조건에 대한 사후검증 결과 2set ($p<.05$), 3set ($p<.01$)에서 고강도 소반복(HI/LR: high intensity-low repetition)이 저강도 다반복(LI/HR: low intensity-high repetition)보다 유의하게 높게 나타났다.

표 2. Arm curl 운동시 심박수의 변화

Period Groups	rest	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast
HI/LR	67.20 ±8.30	125.20 ±12.38	134.00 ±14.78	136.00 ±19.25	986.711	.000	1<2,3,4
LI/HR	56.00 ±4.94	114.50 ±38.62	108.50 ±34.64	105.50 ±22.62	232.484	.000	1<2,3,4
t	3.667**	.834	2.194*	3.247**			

* $p<.05$ 1: rest, 2: 1set, 3: 2set, 4: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

2) Bench press의 변화

심박수 차이검증을 위한 이원변량반복분석 결과는 <표 3>과 같이 주효과 시기에서 유의한 [$F=35.679$ ($p<0.001$)] 차이가 나타났고, 주효과 조건과 상호작용 시기*조건에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시기에 대한 사후검증 결과 두 조건 모두 안정시보다 1set와 2set, 3set에서 유의하게($p<.001$) 높게 나타났다.

조건간 비교에서는 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 수치상 높게 나타났다.

표 3. Bench press 운동시 심박수의 변화

Period Groups	rest	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast
HI/LR	62.10 ±4.58	107.80 ±15.16	124.20 ±16.96	127.10 ±17.67	879.930	.000	1<2,3,4
LI/HR	59.40 ±5.48	96.50 ±12.03	104.90 ±33.70	107.70 ±37.30	454.822	.000	1<2,3,4
t	1.195	1.847	1.618	1.486			

* $p<.05$ 1: rest, 2: 1set, 3: 2set, 4: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

3) Leg press의 변화

심박수의 차이검증을 위한 이원변량분석을 한 결과는 <표 4>와 같이 주효과 시기 [$F=420.654$

($p<0.001$)와 주효과 조건[$F=5.857$ ($p<0.01$)], 상호작용 시기*조건[$F=5.082$ ($p<0.05$)]에서 유의한 차이가 나타났다.

시기에 대한 사후검증 결과 두 조건 모두 안정시보다 1set와 2set, 3set에서 유의하게($p<0.001$) 높게 나타났다. 조건에 대한 사후검증 결과 2set ($p<0.05$), 3set ($p<.01$)에서 유의하게 높게 나타났다.

표 4. Leg press 운동시 심박수의 변화

Period Groups	rest	1set	2set	3set	F	Sig.	cont- rast
HI/LR	58.60 ±7.63	127.70 ±13.94	138.70 ±14.15	149.60 ±15.35	1103.15 8	.000	1<2,3,4
LI/HR	55.20 ±7.64	119.00 ±12.73	125.40 ±11.77	126.70 ±18.78	936.005	.000	1<2,3,4
t	.995	1.458	2.285*	2.986**			

* $p<.05$ 1: rest, 2: 1set, 3: 2set, 4: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

2. 혈중젖산농도

1) Arm curl의 변화

혈중젖산농도의 차이검증을 위한 이원변량반복 분석을 한 결과는 <표 5>와 같이 주효과 시기에서 유의한[$F=83.509$ ($p<0.001$)] 차이가 나타났으며, 사후검증 결과 두 조건 모두 안정시보다 2set

표 5. Arm curl 운동시 혈중젖산농도의 변화

Period Groups	rest	1set	2set	3set	F	Sig.	cont- rast
HI/LR	0.88 ±0.33	0.92 ±0.26	1.35 ±0.30	1.60 ±0.32	203.772	.000	1<3,4
LI/HR	0.73 ±0.13	0.94 ±0.15	1.17 ±0.22	1.56 ±0.29	543.334	.000	1<2,3,4
t	1.35	-.255	1.565	.263			

* $p<.05$ 1: rest, 2: 1set, 3: 2set, 4: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

와 3set에서 유의하게($p<.001$) 높게 나타났다. 주효과 조건과 상호작용 시기*조건에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 조건간 비교에서 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 수치상 높게 나타났다.

2) Bench press의 변화

혈중젖산농도 차이검증을 위한 이원변량반복 분석 결과는 <표 6>과 같이 주효과 시기[$F=74.789$ ($p<0.001$)]와 시기*조건의 상호작용에서 유의한[$F=3.802$ ($p<0.05$)] 차이가 났고, 주효과 조건에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시기에 대한 사후검증 결과 두 조건 모두 안정시보다 1set와 2set, 3set에서 유의하게($p<0.001$) 높게 나타났다.

조건간 비교에서는 3set에서 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 유의하게($p<.05$) 높게 나타났다.

표 6. Bench press 운동시 혈중젖산농도의 변화

Period Groups	rest	1set	2set	3set	F	Sig.	cont- rast
HI/LR	0.87 ±0.26	1.46 ±0.38	2.08 ±0.50	2.76 ±0.55	342.676	.000	1<2,3,4
LI/HR	0.94 ±0.33	1.47 ±0.43	1.76 ±0.45	2.19 ±0.51	237.120	.000	1<2,3,4
t	-.532	-.088	1.499	2.410*			

* $p<.05$ 1: rest, 2: 1set, 3: 2set, 4: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

3) Leg press의 변화

혈중젖산농도의 차이검증을 위한 이원변량반복 분석 결과 <표 7>과 같이 주효과 시기에서는 유의한[$F=79.482$ ($p<0.001$)] 차이가 나타났으며, 사후검증 결과 두 조건 모두 안정시보다 1set와 2set, 3set에서 유의하게($p<0.001$) 높게 나타났다. 주효과 조건과 상호작용 시기*조건에서는 유의한

차이가 나타나지 않았다. 조건간 비교에서는 2set, 3set에서 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 수치상 높게 나타났다.

표 7. Leg press 운동시 혈중젖산농도의 변화

Period Groups	rest	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast
HI/LR	0.72 ±0.14	1.18 ±0.48	2.04 ±0.34	3.06 ±0.85	192.314	.000	1<2,3,4
LI/HR	0.86 ±0.15	1.36 ±0.52	1.91 ±0.52	2.60 ±0.78	252.572	.000	1<2,3,4
t	-2.117	-.810	.645	1.289			

*p<.05 1: rest, 2: 1set, 3: 2set, 4: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

3. 근전도

1) Arm curl 운동시 좌·우 변화

Arm curl(left)의 경우 <표 8>과 같이 주효과 시기에서는 유의한[F=18.740 (p<0.001)] 차이가 나타났으나 주효과 조건과 상호작용 시기*조건에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

시기에 대한 사후검증 결과 두 조건 모두 1set보다 3set에서 주파수가 유의하게(p<0.001) 낮게

나타났다. 조건간 비교에서는 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 수치상 주파수 감소율이 높은 것으로 나타났다.

Arm curl(right)의 경우 주효과 시기[F=9.900 (p<0.001)], 상호작용 시기*조건[F=4.703 (p<0.05)]에서 유의한 차이가 나타났으나, 주효과 조건에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

시기에 대한 사후검증 결과 1set보다 2set, 3set 후 주파수가 유의하게(p<0.001) 낮게 나타났으며, 조건간에는 3set에서 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 유의하게(p<0.05) 낮게 나타났다.

2) Bench press 운동시 좌·우 변화

Bench press(left)의 경우 <표 9>와 같이 주효과 시기[F=15.525 (p<0.001)], 주효과 조건[F=5.974 (p<0.05)], 상호작용 시기*조건[F=3.330 (p<0.05)]에서 유의한 차이가 나타났다.

시기에 대한 사후검증 결과 두 조건 모두 1set보다 3set에서 주파수가 유의하게(p<0.001) 낮게 나타났으며, 조건간에는 2set, 3set에서 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 유의하게(p<0.05) 낮게 나타났다.

Bench press(right)의 경우 주효과 시기[F=14.185

표 8. Arm curl 운동시 좌·우 근전도의 변화

Period Groups	Left							Right						
	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast		1set	2set	3set	F	Sig.	contrast	
HI/LR	116.64 ±5.30	112.60 ±7.15	106.10 ±1.00	2956.032	.000	1>3		114.44 ±4.21	107.76 ±6.31	103.01 ±9.33	3853.403	.000	1>2,3	
LI/HR	118.32 ±6.99	114.32 ±9.78	112.44 ±8.93	1938.193	.000	1>2,3		115.02 ±4.42	114.01 ±9.26	112.89 ±8.59	2808.771	-		
t	-.607	-.449	-1.494					-.300	-1.763	-2.464*				

*p<.05 1: 1set, 2: 2set, 3: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

표 9. Bench press 운동시 좌·우 근전도의 변화

Period Groups	Left						Right					
	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast
HI/LR	111.24 ±4.65	108.01 ±7.73	102.64 ±10.37	2306.021	.000	1>3	114.38 ±6.27	111.68 ±6.23	105.93 ±7.37	3103.396	.000	1>2,3
LI/HR	115.55 ±5.90	115.99 ±6.72	112.49 ±7.19	3201.192	.000	1>3	115.84 ±4.01	116.71 ±3.66	116.11 ±5.94	7664.866	-	-
t	-1.811	-2.461*	-2.466*				-.622	-2.201*	-3.403**			

*p<.05 1: 1set, 2: 2set, 3: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

표 10. Leg press 운동시 좌·우 근전도의 변화

Period Groups	Left						Right					
	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast	1set	2set	3set	F	Sig.	contrast
HI/LR	138.89 ±8.67	137.80 ±10.85	136.77 ±10.58	1959.209	-	-	135.08 ±14.05	133.01 ±10.14	132.79 ±14.59	1104.962	-	-
LI/HR	132.80 ±10.34	132.90 ±13.34	132.74 ±12.25	1253.919	-	-	132.61 ±11.66	131.70 ±10.91	133.00 ±11.22	1411.277	-	-
t	1.427	.900	.787				.428	.279	-.208			

*p<.05 1: 1set, 2: 2set, 3: 3set

HI/LR: high intensity-low repetition

LI/HR: low intensity-high repetition

($p<0.001$), 주효과 조건[F=5.417 ($p<0.05$)], 상호작용 시기*그룹[F=14.789 ($p<0.001$)]에서 유의한 차이가 나타났다.

시기에 대한 사후검증 결과 고강도 소반복이 1set 보다 2set, 3set에서 주파수가 유의하게($p<0.001$) 낮게 나타났다. 조건간에는 2set, 3set에서 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 유의하게($p<0.05$) 낮게 나타났다.

3) Leg press 운동시 좌·우 변화

Leg press의 경우 left와 right 모두 주효과 시

기, 주효과 조건, 상호작용 시기*조건에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

IV. 논 의

웨이트트레이닝의 정확하고 올바른 자세와 체계적이고 효율적인 트레이닝의 적용은 신체를 고르게 발달시키고, 더불어 운동 강도에 따른 트레이닝 후 신체의 피로도를 살펴봄으로써 적당한 근피로도의 정도에 따라 운동 강도를 조절하면 효율적인 근력의 증대와 유연성, 체지방 감소 등

의 많은 효과를 얻을 수 있을 것이다.

이를 위하여 본 연구는 동일 피험자를 대상으로 고강도 소반복(1RM의 80%)조건과 저강도 다반복(1RM의 40%)조건으로 나누고, 운동강도에 따라 Arm curl, Bench press, Leg press 세가지 웨이트트레이닝 기구를 이용하여 실시 한 후 시기와 조건에 따라 심박수와 혈중젖산농도 및 근전도(주파수 감소율)를 검사하여 분석하였다.

Collins 등(1991)의 연구에 의하면 웨이트트레이닝 강도가 높은 집단이 낮은 집단에 비해 운동 중 심박수가 유의하게 높았다고 보고하였다.

본 연구 결과에서도 Arm curl과 Leg press에서 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 운동 후에 유의하게 높은 것으로 나타났다. 그러나 Bench press의 경우 조건간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

김윤미(2005)에 의하면 운동 강도(1RM의 50% vs 1RM의 75%)간 운동중과 회복기 시간대별로 심박수의 차이를 비교 분석한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하여 본 연구의 Bench press운동 후 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

이는 두 운동 강도에서 운동량이 동일하고, 운동강도 간 차이를 이끌어 내기에는 그 범위가 너무 협소했던 것으로 생각되며, 특히 웨이트트레이닝 시 기구에 따라 그 결과가 다르게 나타나는 것으로 사료된다.

그러나 Bench press 운동의 경우 고강도 소반복이 저강도 다반복보다 운동 중 수치상 높게 나타난 것으로 보아 웨이트트레이닝 시 고강도 소반복 형태의 높은 강도에서 더 많은 생리적 스트레스를 유발할 것으로 사료된다.

운동시 발생하는 젖산의 생성은 운동부하의 강도와 지속시간에 따라 그 생성량이 다르며 갑작스럽게 운동 강도를 증가시키는 경우에 그 생성이 더욱 활성화되며, 글루코스의 무산소적 대사에 의해서도 생성되고 격심한 운동시에는 급격히 증

가한다. 결국 운동 중 근육 내 축적된 젖산의 양이 정상치보다 0.4%이상 증가될 때 체내의 국소적인 아시도시스(산성화) 등이 일어나고 따라서 근육통증의 원인이 된다(Martin, 1978).

운동 강도 차이에 따른 운동 중 세트간 혈중젖산농도의 차이를 비교 분석한 결과 Bench press 운동 3set후 고강도 소반복에서 유의하게($p < 0.05$) 높게 나타났으며, Arm curl과 Leg press 후에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Gotshalk 등(1997)은 세트수와 반복 횟수의 증가, 휴식시간이 짧았을 경우 혈중젖산농도가 유의하게 증가한다는 것을 보고하였으나 본 연구 결과와는 다소 차이를 보였다. 본 연구 경우 두 조건 모두 세트수와 반복회수, 운동량이 동일하고 운동시간에서 크게 차이가 없었으며, 웨이트트레이닝의 시 기구 유형에 따라 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

그러나 통계적으로 유의한 차이가 나타난 것은 아니지만 고강도 소반복 조건에서 혈중젖산농도의 수치가 높게 나타난 것으로 미루어 볼 때 웨이트트레이닝 시 고강도 소반복 형태의 운동 유형에서 근육의 피로가 더 많이 발생할 것으로 생각된다.

근전도는 근피로를 측정하는 도구로도 많이 사용되는데, 근피로도의 분석에는 RMS(root mean square)나 평균파워주파수 MPF(mean power frequency) 등이 유용하게 쓰이지만, 그 중 평균파워주파수가 근피로도를 측정하는데 가장 많이 사용되어 왔다(Enoka, 1994). 이것은 근육이 피로해지파워진폭(amplitude)은 커지지만 빈도수(frequency)는 감소하, 때문이다. 즉, 근피도로 인해 근막의 전도속도가 감소하파워활동전위의 기간(duration)을 증가시키게 되어 빈도수(frequency)를 낮추게 된다. 이것은 아마도 젖산의 축적으로 인한 수소이온농도 pH의 감소에 기인한 것으로 보인다.

높은 강도의 운동에서는 강도가 증가 할수록

평균 근전도 주파수가 감소하지만 낮은 강도에서는 강도가 증가하더라도 평균 주파수가 증가하지 않으므로 평균 근전도 주파수는 높은 강도에서 근피로의 척도로 유용하다고 보고 하였다. 또 Hurley 등(1984)은 피로가 시작되면, 활동전위 기간이 변화되어, 이러한 폭 변화에 의해 평균과 위 주파수도 감소한다고 하였다.

이상과 같이 연구자들은 근육이 피로해 짐에 따라 빈도(frequency)가 낮아진다는 동일한 결과들을 보고하였다. 본 연구에도 선행연구들과 마찬가지로 반복적인 신전과 수축 운동 시 횡수가 증가함에 따라 대상자 모두 평균과 위주파수(MPF)의 수치가 낮아지는 경향을 보였으며, 세트수에 따라 유의한 차이가 나타난 경우도 있고 나타나지 않은 경우도 있다. 그러나 전반적으로 고강도 소반복 형태의 운동에서 수치상 주파수의 감소율이 높게 나타난 것으로 보아 선행연구들과 유사한 경향성을 보였다..

이상의 결과들을 종합해 볼 때 웨이트트레이닝 시 동일한 운동량이라도 운동 강도와 반복 횟수의 차이에 따라 심박수와 혈중젖산농도 그리고 근전도 검사를 통한 근 피로도 비교 분석에서 고강도 소반복 형태의 운동 유형에서 다소 피로도가 높게 나타난다는 것을 알 수 있었으며, 또한 웨이트트레이닝 시 운동강도와 휴식시간 그리고 운동량 및 세트수를 적절히 조절하여 실시한다면 운동효과에 대한 긍정적인 결과를 나타낼 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 전문적인 웨이트트레이닝 훈련을 하지 않은 운동경력 1년 미만 남자 대학생을 대상으로 운동 강도 고강도 소반복(1RM의 80%)과 저강

도 다반복(1RM의 40%)을 Arm curl과 Bench press, Leg press 세 가지 웨이트트레이닝 기구를 이용하여 운동 후 심박수, 혈중젖산농도 및 근전도를 측정하여 운동 강도에 따라 나타나는 피로에 대해 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

운동 강도에 따른 심박수 변화에서는 Leg press에서만 고강도 소반복에서 유의하게($p<0.05$) 높게 나타났다.

혈중젖산농도의 변화는 Bench press에서는 고강도 소반복에서 유의하게($p<0.01$) 높게 나타났으며, Arm curl과 Leg press에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

근전도 변화에서 Arm curl 경우 오른쪽에서는 고강도 소반복에서 유의하게($p<0.05$) 낮게 나타났으며, 왼쪽에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. Bench press에서는 왼쪽과 오른쪽 모두 고강도 소반복에서 유의하게($p<0.05$) 낮게 나타났으며, Leg press는 왼쪽과 오른쪽 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

참고문헌

1. 강희성, 오대성, 이석인. (1990). 운동생리학. 서울: 교학연구사.
2. 김성수, 김영기, 최동섭, 정일규, 이재성. (1991). 고혈압·비만증·당뇨병의 개선을 위한 프로그램 개발에 관한 연구. 대한스포츠의학회지, 제9권 제1호, 97-104.
3. 김진호, 한태륜. (1999). 재활의학. 군자출판사.
4. 김윤미, 강서정. (2005). 웨이트트레이닝의 운동강도가 운동중 생리적 변인과 운동후 초과 산소소비량 및 에너지 소비량에 미치는 영향. 한국체육학회지, 제44권 제6호, 429-439.
5. 성호경, 김기환. (1997). 생리학. 의학문화사.

6. 이석인, 신정태, 김재수, 이한경. (1997). 보디빌딩의 과학. 서울: 21세기교육사.
7. 이우주. (2000). 필수 의학사전. 아카데미서적.
8. 정성국. (1987). 웨이트트레이닝 부하강도가 체력에 미치는 영향. 상지대학연구 논문집, 22, 132-135.
9. Berger, R. A., & Hardage, B. (1967). Effect of maximum loads for each of ten repetitions on strength improvement. Research Quarterly.
10. Bigland-Ritchie, B., Cafarelli, E., & Vøllestad, N. K. (1986). Fatigue of submaximal static contractions. Acta Physiol Scand Suppl, 556, 137-148.
11. Connor, W. P. (1976). The comparative effects of set and interval circuit weight training system on muscular strength cardio-vascular endurance and selected anthropo-metric measures of college men, Dissertation Abstract International, 36, 133.
12. Darden, & Ellington. (1975). Frequently asked questions about muscle, Fat and exercise. Athletic journal. 56: 20, 85-89.
13. Duchêne, J., & Goubel, F. (1990). EMG spectral shift as an indicator of fatigability in an heterogeneous muscle group. Eur J Appl Physiol, 61, 81-87.
14. Enoka, R. M., (1994). Neuromechanical Basis of Kinesiology. Champaign, IL: Human Kinetics.
15. Goris, M., Ostyn, M., Jones, P. R. M., & Vuylsteke Wanters, M. (1986). Strength training effects on body composition in physical education students. Asian Games Scientific Congress Abstracts, 218.
16. Hurley, B. F., Seals, D. R., Esharmi, A. A., Catier, L. J., Dalsky, G. P., Hagberg, J. M., & Holloszy, J. O. (1984). Effects of high intensity strength training on cardiovascular function. Med. Sci. Sports, 16, 434-438.
17. Martin, B. (1978). Influence of diet on leg uptake of glucose during heavy exercise. Am J. Clin Nutr, 31, 62-76.
18. Sprague, Ken, & Bill R. (1983). The gold gym book of bodybuilding Chicago. Contemporary.
19. Thornton, M. K., Potteiger, J. A. (2002). Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. Med. Sci. Sports Exerc, 34(4), 715-22.
20. Willoams & Wilkins. (1995). ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. Baltimore. 159.

논문투고일 : 2009. 9. 21

논문심사일 : 2009. 10. 24

심사완료일 : 2009. 11. 3