

오디와 누에 섭취가 rats의 저항성 운동에 따른 근육 증가에 미치는 영향

양성준* · 김창용 · 이조병 · 강성선 · 이종진¹
부안군 농업기술센터, ¹전북대학교 농생물학과

The effects of the mulberry and silkworm intake on muscle increase of rats for resistance exercise

Sung Jun Yang*, Chang Yong Kim, Jo Byoung Lee, Sung Sun Kang and Jong Jin Lee¹

Buan Agricultural Development & Technology Center, Buan, Chonbuk 579-833, Korea

¹Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, Jeonju, Chonbuk 561-756, Korea

(Received August 09, 2013, Accepted September 17, 2013)

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the effects of supplementation of mulberry powder, mulberry extract and silkworm powder during the 8 weeks of resistance exercise on muscle increase of rats. Fifty males, Sprague-Dawley rat, were randomly divided into 5 groups: CON(control group, n = 10), REG(resistance exercise group, n = 10), MP REG(mulberry powder intake and resistance exercise group, n = 10), ME REG(mulberry extract intake and resistance exercise group, n = 10) and SP REG(silkworm powder intake and resistance exercise group, n = 10). After climbing the ladder without weights during the 1 week of adaptation period, the rats in the resistance exercise group were trained to climb a 0.98-m vertical(80 degree incline) ladder with weights in their tail during 7 weeks(10 times each day, 2 days per week). After exercise, the skeletal muscle was extracted from the flexor hallucis longus. The absolute weight of skeletal muscle was measured by the electronic balance and the relative weight of skeletal muscle about the weight was calculated. The strength and density of legs muscle were analyzed by the computed tomography scan. After 8 weeks of resistance exercise, the absolute weight of skeletal muscle wasn't significant, but it increased in MP REG 8%, ME REG 8% and SP REG 10% compared to REG. The relative weight of skeletal muscle increased significantly in SP REG compared to REG ($p < 0.05$). Additionally, there was a significant increase of density and strength of the forelegs in SP REG compared to CON ($p < 0.05$). However, there was no significant increase of density and strength of the hind legs. In conclusion, regular resistance exercise made rats muscle increase and there was more muscle increase effected by providing silkworm.

Key words : Mulberry, Silkworm, Resistance exercise, Muscle increase

서 론

오랜 역사를 갖는 양잠 산업이 개방화, 산업화 과정을 거치면서 값싼 중국산과 합성 섬유 발달로 설 자리를 잃었다. 그러나 최근 양잠 산물이 우수한 기능성 식품임이 밝혀지면서 다양한 제품이 생산되고 높은 부가가치를 가지게 되었다.

양잠 산물의 하나인 오디는 베리류의 일종으로 한방에서는 상심(桑椹, 상실(桑實), 오심(烏椹) 등으로 불린다. 화한약백과도감(和漢藥百科圖鑑)에서는 '오디가 강장과 신장을 보익하고 음혈(陰血, 남녀의 정력)을 길러 주는 효능

이 있고, 양혈거풍(養血去風, 피를 길러주고 풍을 없애 줌)을 하는 작용이 있다' 라고 하였다. 오디는 비타민과 미네랄이 풍부하고 다양한 기능성을 가진 건강식품으로 cyanidin 3-glucoside(C3G), γ -aminobutyric acid(GABA), rutin 등의 항산화, 항당뇨, 항염증 및 항고지혈증 등의 여러 생리작용이 보고되었다(Asano et al. 2001, Oh et al. 2002). 또 다른 양잠 산물인 누에(*Bombyx mori* L.)는 누에나방과(Bombycidae)에 속하는 유충(幼蟲)으로 예로부터 비단을 얻기 위해 길러왔지만 최근 누에분말의 혈당강하효과(Ryu et al. 1997), 간독성 예방(Ryu et al. 1999), 누에유래 불

*Corresponding author. E-mail: ccoldk83@korea.kr

포화지방산의 고지혈증 개선, 콜라겐 증가 및 콜라겐 분해효소 활성 억제(Kang et al. 2006), 누에분말, 발효누에분말의 항산화 활성(Cha et al. 2010) 등의 기능이 부각되고 있다. 또한 선행 연구에서 수컷 흰 쥐에게 성장 단계별로 누에 추출물을 4주간 사료에 혼합하여 급여시킨 결과 상측 후 16일군에서 유의한 테스토스테론의 증가를 확인하였고($p < 0.05$) 대조군과 비교하여 5령3일군, 토사개시군, 발아성충군, 발아직전알쿨추출군의 모든 군에서 테스토스테론이 증가하는 경향을 보였다(Ryu et al. 2010). 이처럼 테스토스테론 증가에 효과를 보이고 단백질이 풍부하게 함유되어 있는 누에와 자양강장제, 항산화, 항염증 등의 오디의 효능은 근력 및 근육 증가를 위한 저항성 운동에 효과적인 영양 섭취원의 가능성을 보인다.

저항성 운동은 근육에 저항을 주고 신경과 근육 사이의 상호작용을 향상시켜 근력 및 근육 증가를 일으킨다. 또한, 운동 후 운동 자극으로 단백질 합성률을 증가시키고 운동선수의 운동수행능력을 향상시킨다(Phillips et al. 1997, Phillips et al. 2005). 근육 생성을 위한 근육 운동에서 테스토스테론과 성장호르몬, 스테로이드호르몬이 근육을 만드는 데 중요한 역할을 하며 결합조직 성장, 근육과 관련된 동화 작용의 적응 기전에 커다란 역할을 수행한다(Karagiorgos et al. 1979, Cumming et al. 1986, Kraemer et al. 1991, Lee and Han 2005). 적절한 음식 섭취와 저항성 운동은 동화작용 호르몬의 분비를 자극하고, 이러한 호르몬 반응은 단백질 합성을 통하여 근육 내 단백질 저장을 증가시키는데 긍정적인 효과가 있다(Kraemer et al. 1998, Williams et al. 2002, Volek 2004). 효과적인 근력 향상 및 근육 증가를 위해서는 근육 운동의 적절한 강도, 시간, 휴식뿐만 아니라 운동 전후의 영양 섭취도 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 흰 쥐를 대상으로 8주간의 사다리를 이용한 점진적 저항성 운동과 더불어 오디분말, 오디추출물, 누에분말의 섭취가 근육 증가에 효과가 있는지 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물

6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰 쥐(Semtako Inc., Osan, Korea) 50두를 분양받아 일주일간 순화 기간을 거친 후 균간 체중을 고르게 분리하고, 꼬리에 개체를 구분할 수 있도록 표시하였다. 그리고 사료 투여 및 저항성 운동 여부에 따라 대조군(Control group, CON; $n = 10$), 운동군(Resistance exercise group, REG; $n = 10$), 오디분말 운동군(Mulberry powder intake and resistance exercise group, MP REG; $n = 10$), 오디추출물 운동군(Mulberry

extract intake and resistance exercise group, ME REG; $n = 10$), 누에분말 운동군(Silkworm powder intake and resistance exercise group, SP REG; $n = 10$)으로 구분하였다. 다음의 동물실험은 원광대학교 동물실험윤리위원회에서 동물실험 승인서(승인번호 : 승인KWU12-55)를 발급받은 후 진행하였다.

2. 시험물질의 조제

2.1 실험재료

본 실험에 사용한 오디와 누에는 2012년 부안군 농가에서 구매하여 -20°C 에 보관하면서 사용하였다.

2.2 오디와 누에 분말 제조

오디 분말은 동결건조하여 분말로 분쇄하였고 누에 분말(양원잠-수컷, 5령 3일)은 액체질소로 동결 후 동결건조하여 분말로 분쇄하였다.

2.3 오디 추출물 제조

오디 50 kg에 70% EtOH 500 l 를 가하여 40°C 에서 4 시간 동안 2회 추출 후 각각 2시간 동안 농축하였다. 2회 농축액을 합하여 2시간 동안 농축 후 80 l 를 동결건조하여 시료로 사용하였다.

3. 실험동물 사육 및 사료 섭취량 측정

실험동물은 익산시 소재 원광대학교 동물자원연구센터 동물실험실에서 폴리설폰 사육 상자에 5마리씩 사육하였다. 사육실 온도는 $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도는 상대 습도의 $50\% \pm 5\%$ 로 일정하도록 조절하였으며, 12시간(07:00 ~ 19:00)을 주기로 명암을 조절하였다. 대조군(CON)과 운동군(REG)은 고품사료(Semtako Inc., Osan, Korea)를 섭취하도록 하고 사료 투여 집단은 고품사료에 각각의 시료(2.1 g/kg; Mulberry powder, 0.235 g/kg; Mulberry extract, 2.1 g/kg; Silkworm powder)가 배합된 사료를 섭취하도록 하였으며 필터로 여과된 정제수를 자유롭게 섭취하도록 하였다. 섭취량은 일정량의 사료를 공급한 후 익일 동일 시간에 잔량을 측정하여 주간 사료 섭취량을 측정하였다.

4. 체중 및 골격근의 무게 측정

체중 변화는 매주 1회 전자저울(Cas SW-1s, Yangsan, Korea)을 이용하여 측정하였으며, 실험동물 희생 후 골격근 무게의 정확한 측정을 위해 최대한 기시점과 부착점에 가깝게 절단하여 적출하고, 지방조직과 결합조직을 제거한 후 정밀 전자저울(Precisa XB220A, Dietikon, Switzerland)을 이용하여 측정하였다. 골격근의 무게는 절대적인 무게(mg)와 함께 근육 적출 직전 체중(g)에 대한 골격근의 상대적인 무게 비율(mg/g)을 산출하였다(Kobayashi et al. 1997).

5. CT 촬영 및 시료 채취

CT(Computed Tomography) 촬영을 통해 다리 근육의 밀도 및 강도를 분석하였다. 촬영기기는 NFR Polaris G90(Korea)를 사용하였고 촬영 전 Ketamine(11-22 mg/kg; Yuhanyanghang, Seoul, Korea), Rompun(5-10 mg/kg; Bayer, Seoul, Korea)을 7:3의 비율로 혼합하여 복강 내 주입시켜 마취하였고 마취 후 오른쪽 앞다리, 뒷다리를 무릎뼈가 끝나는 종아리뼈머리부터 발꿈치뼈까지의 근육을 촬영하였다. CT 촬영 후 3일간 휴식시킨 뒤 부검을 하였다. 부검 전 12시간 절식하였으며 Ether로 마취시킨 후 사다리 운동에서 주동근으로 작용하는 장무지굴근(flexor hallucis longus)을 오른쪽 뒷다리에서 적출하였다.

6. 저항성 운동력 측정

1주일간 환경 적응기간을 가진 후 6주령 Rat을 자체 제작한 전용 사다리(98*27 cm, 2 cm grid, 80° incline)를 이

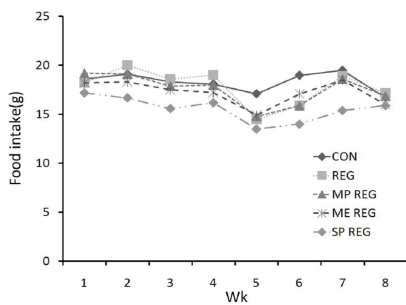


Fig. 1. Changes of the food intake.

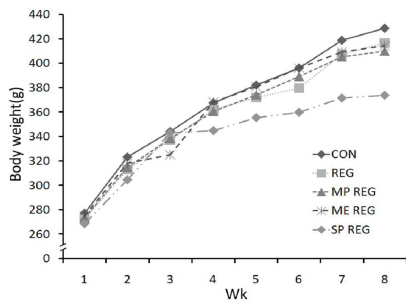


Fig. 2. Changes of the body weight.

Table 1. Resistance exercise program

Condition	Reps	Set	Load	Rest (min)	Duration (min)	Frequency (day/wk)	Period (wk)
Adaptation period	Max. 5	1	Weight bearing	2	10	3	1
Exercise period(1)	Max. 10	1	50%/body weight, every trial + 20 ~ 0 g	2	30	2	3
Exercise period(2)	Max. 10	1	50%/body weight, every trial + 50 ~ 100 g	2	30	2	4

용하여 8주간의 저항성 운동을 하였다. 본 실험의 저항성 사다리 운동은 기존의 사다리 운동 방법(Hornberger and Farrar 2004, Kwon et al. 2004, Lee et al. 2004a, Troy 2004, Yang et al. 2006)을 변형하여 실시하였다. 첫 1주일간은 부하 없이 같은 시간에 맨몸 사다리 운동을 하였고 남은 7주간은 중량을 달고 사다리 운동을 하였다. 저항성 운동 프로그램은 Table 1과 같다.

1주일간의 적응기간을 거친 후 자체 제작한 사다리를 오르는 운동을 주당 2일, 1일 10회씩 점진적인 과부하 하에서 실시하였다. 저항성 운동 부하는 최대중량의 50%(최초 체중의 50%)부터 시작하여 매회 처음 지정된 무게에서 20 g ~ 100 g씩 부하를 증가시켰고, 반복 간 2분의 휴식 시간을 가졌다. 초기 3주간은 20 ~ 50 g씩 매회 부하를 증가시켰고 그 후 4주간은 50 ~ 100 g씩 매회 부하를 증가시켰다. 세트가 끝나는 시점인 10번째 중량을 최대중량으로 기록하였다. 그러나 세트가 끝나기 전에 운동 수행이 불가능하게 되면 바로 전 시점의 중량으로 세트를 완료하였으며 더는 운동을 할 수 없게 되기 전 시점의 중량을 최대중량으로 기록하였다.

7. 통계분석

실험결과와 그룹 간 유의성 검정은 One-way ANOVA((R i386 3.0.1) Duncan 사후검정) 비교를 실시하여 $p < 0.05$ 일 때 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

1. 사료 섭취량 및 체중의 변화

주차별 사료 섭취량의 변화는 Fig. 1과 같으며 8주 투여 기간 동안 누에분말 운동군(SP REG)에서 다른 군에 비해 섭취량이 비교적 적은 경향이 나타났다.

Table 2와 같이 8주간 총 사료 섭취량을 살펴보면 누에분말 운동군(SP REG 15.6 ± 0.4 g; $p < 0.05$)에서 다른 군과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

주차별 체중 변화는 Fig. 2와 같이 1주차에서 집단별 차이를 보이지 않았고(CON 277.1 ± 6.0 g, REG 272.3 ± 4.3 g, MP REG 273.4 ± 3.3 g, ME REG 275.1 ± 3.3 , SP REG,

Table 2. Means of total food intake during the 8 weeks (unit : g)

	CON	REG	MP REG	ME REG	SP REG
Means	18.3 ± 0.3a	17.8 ± 0.6a	17.6 ± 0.5a	17.2 ± 0.4a	15.6 ± 0.4b

Table 3. Means of the body weight of 8th week (unit : g)

	CON	REG	MP REG	ME REG	SP REG
Means	428.8 ± 13.4a	416.5 ± 5.2a	409.9 ± 8.0a	414.5 ± 7.7a	373.9 ± 6.1b

268.9 ± 3.8) 3주차 이후부터 누에분말 운동군(SP REG)을 제외한 모든 군에서 서로 비슷한 양상을 보이며 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 3과 같이 8주차 체중을 살펴보면 누에분말 운동군(SP REG 373.9 ± 6.1g; $p < 0.01$)은 다른 군과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

2. 골격근 무게의 변화

절대적인 골격근 무게는 Fig. 3과 같이 대조군(CON)에 비해 저항성 운동 집단에서 모두 증가하는 경향을 보였으며 운동군(REG)에 비해 누에분말 운동군(SP REG 10%), 오디분말 운동군(MP REG 8%), 오디추출물 운동군(ME REG 8%)의 골격근 무게가 증가한 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

체중에 따른 골격근 무게를 나타내는 상대적인 골격근 무게는 Fig. 4와 같다. 절대적인 골격근 무게와 비슷한 경향을 보였지만 운동군(REG)과 비교하여 누에분말 운동군(SP REG 1.189 ± 0.049 mg/g; $p < 0.05$)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

3. 다리 근육의 밀도와 강도

C.T. 촬영을 통한 앞다리와 뒷다리의 밀도와 강도를 측정한 결과를 살펴보면 다음과 같다.

3.1 다리 근육의 밀도

운동 후 앞다리의 밀도는 대조군(CON)과 비교하여 누에분말 운동군(SP REG 1.1632 ± 0.0002 g/cm³; $p < 0.05$)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

뒷다리의 밀도에서 오디추출물 운동군(ME REG)은 대조군(CON)과 운동군(REG)에 비해 상대적으로 낮은 밀도를 나타냈고 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 누에분말 운동군(SP REG)과 비교하여 유의한 차이를 보였다.

3.2 다리 근육의 강도

운동 후 앞다리의 강도는 대조군(CON)과 비교하여 누에분말 운동군(SP REG 164.6 ± 1.7 mm³; $p < 0.05$)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

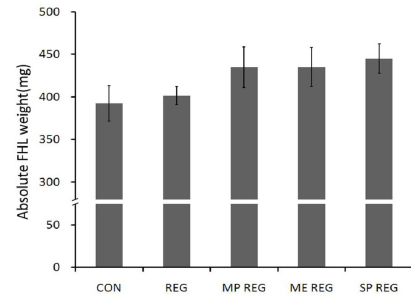


Fig. 3. Absolute flexor hallucis longus (FHL) weight. Vertical bars show standard error of measurement of the means (n = 10).

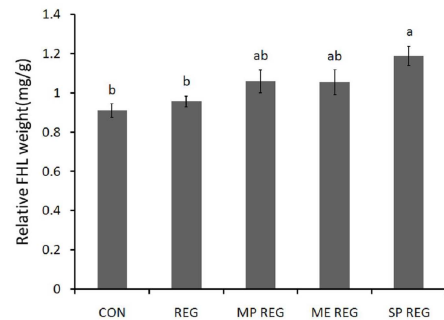


Fig. 4. Relative flexor hallucis longus (FHL) weight. Vertical bars show standard error of measurement of the means (n = 10). Small letters inside the figure represent mean separation by Duncan's multiple range test at $p = 0.05$ (n = 10).

뒷다리의 강도에서 오디추출물 운동군(ME REG)은 대조군(CON)과 운동군(REG)에 비해 상대적으로 낮은 강도를 나타냈고 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 누에분말 운동군(SP REG)과 비교하여 유의한 차이를 보였다.

고 찰

저항성 운동은 더 많은 운동단위의 동원을 유도하고, 근세포의 성장 및 근력의 발달을 촉진하며, 운동을 통해 유도된 내인성 동화호르몬(endogenous anabolic hormone) 및 성장인자(growth factor)의 분비를 자극한다(Staron et al. 1991, Fry et al. 1994). 저항성 운동을 통해 분비된 동화호르몬은 글루코스와 아미노산의 에너지 이용을 감소시키고 단백질 합성을 증가시킨다(Fry et al. 1994, Rogol 1989). 동화호르몬인 테스토스테론이 생식선 밖에서 주로 작용하는 곳은 골격근이라고 할 수 있는데 골격근에서는 테스토스테론이 근육을 강화하고 뼈의 크기와 강도에도 영향을 미치는 동화적 작용을 일으킨다고 볼 수 있다(Smilios et al. 2003).

본 연구는 6주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰 쥐를 대상으로 8주간 사다리 운동을 통한 점진적 저항성 운동과

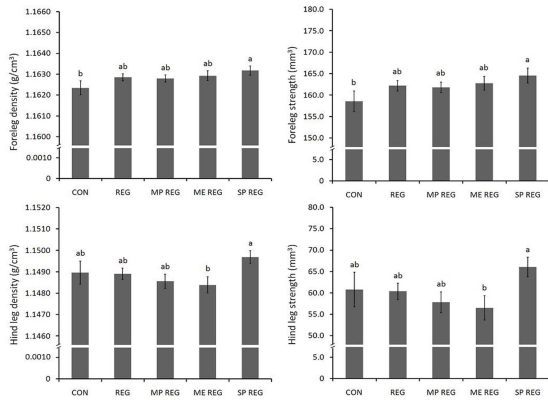


Fig. 5. The computed tomography scan of density and strength of foreleg and hind leg. Vertical bars show standard error of measurement of the means (n = 10). Small letters inside the figure represent mean separation by Duncan's multiple range test at $p = 0.05$ (n = 10).

함께 오디, 누에의 섭취가 근육 증가에 효과가 있는지 알아보고자 하였다.

오디는 다양한 기능성 성분을 함유하고 있는데 anthocyanin 함량은 포도의 함량보다도 높으며(Chang et al. 2011) 그 밖에 모세혈관 강화능이 있는 rutin, 레스베라트롤과 같은 생리기능성 물질도 다량 함유되어 있다(Baur et al. 2006). 누에는 풍부한 단백질, 아미노산, 펩티드, 미네랄 등 영양적 가치가 있는 성분을 포함하고 있고 1-deoxynojirimycin(DNJ)의 혈당 강하(Chung et al. 1997), 테스토스테론 증가(Ryu et al. 2010) 및 간독성 예방(Ryu et al. 1999) 등의 효과가 있다. 이러한 효과가 있는 오디와 누에의 운동 전후 섭취는 테스토스테론을 증가시켜주어 동화작용을 일으키고 비타민, 미네랄, 기능성 성분 및 단백질 공급으로 운동 후 손상된 근육의 회복 및 증가에 도움이 될 것으로 예상하였다. 그 결과 8주간의 점진적 사다리 운동에서 주동근으로 작용하는 장무지굴근의 경우 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 운동군과 비교하여 오디분말 운동군(8%), 오디추출물 운동군(8%), 누에분말 운동군(10%)에서 증가하는 경향을 확인하였다. 체중에 따른 골격근 무게를 나타내는 상대적인 골격근 무게에서는 절대적인 골격근 무게와 비슷한 경향을 보였으나 운동군과 비교하여 누에분말 운동군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 운동군과 비교하여 누에분말 운동군에서 적은 체중증가량을 보였지만 상대적으로 더 많은 골격근의 무게가 증가하였다. 누에 분말의 deoxynojirimycin(DNJ)은 장내 탄수화물을 분해하는 효소인 α -glucosidase의 활성을 억제하여 식후 급격히 상승하는 혈당을 조절하는 것으로 알려지고 있다(Chung et al. 1997, Kyo et al. 1998). 누에의 혈당 강하 효과로 당의 흡수가 제한되고 식욕이 억제되어

체중증가량이 감소하지만 테스토스테론 증가 및 단백질 공급으로 장무지굴근의 증가가 나타남으로써 상대적인 골격근 무게에 유의한 차이를 보인 것으로 생각된다.

CT 촬영을 통한 앞다리와 뒷다리의 밀도와 강도를 측정한 결과를 살펴보면 운동 후 앞다리의 밀도와 강도는 대조군과 비교하여 누에분말 운동군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 뒷다리의 밀도와 강도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데 사다리운동에서 주동근으로 작용하는 장무지굴근뿐만 아니라 앞다리에 비해 큰 근육의 비중이 높은 뒷다리 전체 근육을 대상으로 촬영함으로써 생기는 오차로 판단된다.

오디의 경우 누에에 비해 상대적으로 적은 근육 증가를 보였는데 저항성 운동 후 손상된 근육 회복에 관련될 것으로 생각된다. 저항성 운동에 의한 근육 손상은 근육 내에 형태학적 또는 구조적인 변화가 발생하게 되면 이후 호중구와 대식세포 등의 염증성 세포들이 출현하게 되면서 이차성 근육 손상과 함께 복구 과정이 시작된다. 호중구는 손상된 근육 내 주위 조직들을 파괴하고 세포의 죽음을 촉진하는 활성산소종(reactive oxygen species) 등을 방출하게 된다. 유리기의 일종인 활성산소종은 식세포 작용을 하는 세포로부터 분비되어 염증 반응을 일으키게 되고 근관(myotube)을 손상하게 되어 손상된 근육의 회복 과정을 지연시키기도 한다(Mylona et al. 2007). 과실과 채소에는 해로운 활성산소종에 대해 보호작용이 있는 다수의 항산화물질을 함유하는 것으로 보고되었고(Wang and Jiao 2000), 오디에 다량으로 함유된 Antocyanin 중 하나인 C3G는 여러 색소 중에서도 항산화력이 뛰어난 것으로 알려졌다(Takanori et al. 1994, Park et al. 1998).

운동 후 영양소의 결핍이 면역반응에 증대한 영향을 미치고, 영양상태가 성인에게 있어 질병의 위험과 면역능력의 중요한 결정자라는 사실이 보고되었고, 단기간 동안 단 하나의 항산화제 결핍도 임상적으로 면역반응에 중요한 영향을 미친다는 연구결과도 있다(Richards et al. 1990, Jacob et al. 1991). 운동을 수행함으로써 나타나는 염증 관련 근육상해는 근원섬유의 구조적 손상이 가장 대표적인 상해로 알려졌다. 이러한 근육상해는 근원섬유의 구조적 손상과 이에 따른 근육 조직에서의 단백질 유출, 급성적 염증반응 및 근력감소 등을 수반하게 된다(Jaworski 2005). 레스베라트롤(*trans*-3,5,4'-trihydroxystilbene, $C_{14}H_{12}O_3$)은 생물학적, 비생물학적 스트레스에 대해 자신을 방어하기 위하여 만드는 항독성 물질(stilbene phytoalexin)로서(Dixon, 2011), free radical 소거 기능과 같은 항산화 작용(Frémont et al. 1999), cyclooxygenase 저해 등의 항염증 작용(Subbaramaiah et al. 1999, MacCarrone et al. 1999), 암세포 성장 억제(Lee et al. 2004b) 등의 효능을 가지고 있으

며 오디에는 높은 함량의 레스베라트롤을 함유하고 있다 (Kim et al. 2005). 오디에 함유된 여러 가지 생리 활성 물질들은 저항성 운동 후 손상된 근육의 회복에 도움이 될 것으로 생각된다. 손상된 근육의 빠른 회복은 이후 강도 높은 운동을 시행할 수 있으며 운동량 증가에 따른 근육 증가에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

양잠산물인 누에와 오디를 활용한 운동보조제 개발을 위해 시료 섭취 및 저항성 운동에 따른 rats의 근육 증가에 대한 실험을 진행하였다. 저항성 운동 동안 오디의 섭취는 누에와 비교하여 상대적으로 적은 근육증가량을 보이며 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 저항성 운동 후 손상된 근육의 회복에 도움이 되는 간접적인 역할을 할 것으로 생각된다. 누에의 경우 상대적으로 적은 시료 섭취와 체중증가량을 보였지만 더 많은 근육이 증가하였다. 본 연구에서 나타난 바와 같이 저항성 운동 동안 누에의 섭취는 근육 증가에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 국책기술개발사업(PJ008274)의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Asano N, Yamashita T, Yasuda K, Ikeda K, Kizu H, Kameda Y, Kato A, Nash RJ, Lee HS, Ryu KS (2001) Polyhydroxylated alkaloids isolated from mulberry trees (*Morus alba* L.) and silkworms (*Bombyx mori* L.). *J Agric Food Chem* **49**, 4208-4213.
- Baur JA, Pearson KJ, Price NL (2006) Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. *Nature* **444**, 337-342.
- Cha JY, Kim YS, Kang PD, Ahn HY, Eom KE, Cho YS (2010) Biological activity and chemical characteristics of fermented silkworm powder by mold. *J Life Sci* **20(2)**, 237-244.
- Chang SW, Kim HJ, Song JH, Lee KY, Kim IH, Rho YT (2011) Determination of several phenolic compounds in cultivars of grape in Korea. *Korean J Food Preserv* **18**, 328-334.
- Chung SH, Kim MS, Ryu KS (1997) Effect of silkworm extract on intestinal α -glycosidase activity in mice administered with a high carbohydrate-containing diet. *Kor J Seri* **39**, 86-92.
- Cumming DC, Brunsting LA 3rd, Strich G, Ries AI, Rebar RW (1986) Reproductive hormone increases in response to acute exercise in men. *Med Sci Sports Exercise* **18**, 369-373.
- Dixon RA (2001) Natural products and plant disease resistance. *Nature* **411**, 843-847.
- Frémont L, Belguendou L, Delpal S (1999) Antioxidant activity of resveratrol and alcohol-free wine polyphenols related to LDL oxidation and polyunsaturated fatty acids. *Life Sci* **64**, 2511-2521.
- Fry AC, Kraemer WJ, Stone MH, Warren BJ, Fleck SJ, Kearney JT (1994) Endocrine responses to overreaching before and after 1 year of weightlifting. *Can J Appl Physiol* **19(4)**, 400-410.
- Hornberger TA, Farrar RP (2004) Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. *Can J Appl Physiol* **29(1)**, 16-31.
- Jacob RA, Kelley DS, Pianalto FS, Swendseid ME, Henning SM, Peters JH (1991) Immunocompetence and oxidant defense during ascorbate depletion of healthy men. *Am J Clin Nutr* **54**, 1302-1309.
- Jaworski CA (2005) Medical concerns of marathons. *Curr Sports Med Rep* **4(3)**, 37-143.
- Kang PD, Kim JW, Jung IY, Kim KY, Kang SW, Kim MJ, Ryu KS (2006) Study on the unsaturated fatty acids in the pupae of Silkworm, *Bombyx mori*. *Korean J Seric Sci* **48(1)**, 21-24.
- Karagiorgos A, Garcia JF, Brooks GA (1979) Growth hormone response to continuous and intermittent exercise. *Med Sci Sports* **11**, 302-307.
- Kim HB, Kim JB, Kim SL (2005) Varietal analysis and quantification of resveratrol in mulberry fruits. *Korean J Seric Sci* **47(2)**, 51-55.
- Kobayashi J, Mackinnon SE, Watanabe O (1997) The effect of duration of muscle denervation on functional recovery in the rat model. *Muscle Nerve* **20**, 858-866.
- Kraemer WJ, Gordon SE, Fleck SJ, Marchitelli LJ, Mello R, Dziados JE, Fried KI, Harman E, Maresch C, Fry AC (1991) Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med* **12**, 228-235.
- Kraemer WJ, Volek JS, Bush JA, Putukian M, Sebastianelli WJ (1998) Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. *J Appl Physiol* **85(4)**, 1554-1555.
- Kwon YE, Chung DM, Park H (2004) Effects of the chronic application of hGH and climbing to the aged female SD rats on their morphological and enzymological properties especially in FHL. *The Korean Journal of Exercise Nutrition* **8**, 37-42.
- Kyo HS, Kim SY, Ryu KS, Lee WC (1998) Effect of several sericultural products and blood glucose lowering for alloxan-induced hyperglycemic mice. *Korean J Seric Sci* **40**, 38-42.
- Lee SH, Barton ER, Lee HS, Farrar RP (2004a) Viral expression of insulin-like growth factor-1 enhances muscle hypertrophy in resistance-trained rats. *J Appl Physiol* **96**, 1097-1104.
- Lee HS, Sur EY, Kim WK (2004b) Resveratrol induces apoptosis in SW480 human colon cancer cell lines. *Food Sci Biotechnol* **13(1)**, 80-84.
- Lee SH, Han JG (2005) A study on effect of muscle exercise program on growth hormone and testosterone. *Korea Sport Research* **16(4)**, 67-76.
- MacCarrone M, Lorenzon T, Guerrieri P, Agro AF (1999) Resveratrol prevents apoptosis in K562 cells by inhibiting lipoxigenase and cyclooxygenase activity. *Eur J Biochem* **265**, 34-37.
- Mylona PV, Polidoros AN, Scandalios JG (2007) Antioxidant gene responses to ROS-generating xenobiotics in developing and germinated scutella of maize. *J Exp Bot* **58(6)**, 1301-1312.
- Oh HC, Ko EK, Jun JY, Oh MH, Park SU, Kang KH, Lee HS, Kim YC (2002) Hepatoprotective and free radical scavenging

- activities of phenyl flavonoids, coumarin and stilbene from *Morus abla*. *Planta Med* **68**, 932-934.
- Park SZ, Lee JH, Han SJ, Kim HY, Ryu SN (1998) Quantitative analysis and varietal difference of cyanidin 3-glucoside in pigmented rice. *Korean J Crop Sci* **43(3)**, 179-183.
- Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR (1997) Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol* **273**, 99-107.
- Phillips SM, Hartman JW, Wilkinson SB (2005) Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men. *J Am Coll Nutr* **24(2)**, 134-139.
- Richards GA, Theron AJ, van Renburg AJ, Kuyl JM, Anderson R (1990) Investigation of the effects of oral administration of vitamin E and beta-carotene on the chemiluminescence responses and the frequency of sister chromatid exchanges in circulating leukocytes from cigarette smokers. *Am Rev Respir Dis* **142**, 648-654.
- Rogol AD (1989) Growth hormone: physiology, therapeutic use and potential for abuse. *Exercise and Sport Sciences Reviews* **17(1)**, 353.
- Ryu KS, Lee HS, Chung SH, Kang PD (1997) An activity of lowering blood-glucose levels according to preparative condition of silkworm powder. *Kor J Seric Sci* **39(1)**, 79-85.
- Ryu KS, Lee HS, Kim SY (1999) Effects of *Bombyx mori* larvae extracts on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in mice. *J Life Sci* **9(4)**, 375-381.
- Ryu KS, Lee HS, Kang PD, Kim KY, Kim MJ, Lee KG (2010) Testosterone secretion effect according to the growth stage of silkworm(*Bombyx mori* L.). *Int J Indust Entomol* **20(2)**, 75-77.
- Smilios I, Piliandis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP (2003) Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med Sci Sports Exerc* **35(4)**, 644-654.
- Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, Malicky ES, Falkel JE, Hagerman FC (1991) Strength and skeletal muscle adaptation sin heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiology* **70(2)**, 631-640.
- Subbaramaiah, Michaluart KP, Chung WJ, Tanabe T, Telang N, Dannenberg AJ (1999) Resveratrol inhibits cyclooxygenase-2 transcription in human mammary epithelial cell. *Ann N Y Acad Sci* **889**, 214-223.
- Takanori T, Mie W, Katsumi O, Seiji N, Choi SW, Shunro K, Toshihiko O (1994) Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin-3-O-β-D-Glucoside and cyanidin. *J Agric Food Chem* **42**, 2407-2410.
- Troy A, Hornberger Jr. TA, Farrar RP (2004) Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. *Appl Physiol Nutr Metab* **29**, 16-31.
- Volek JS (2004) Influence of nutrition on responses to resistance training. *Med Sci Sports Exerc* **36(4)**, 689-696.
- Wang SY, Jiao H (2000) Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals and singlet oxygen. *J Agric Food Chem* **48**, 5677-5684.
- Williams AG, Ismail AN, Sharma A, Jones DA (2002) Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones. *Eur J Appl Physiol* **86(4)**, 315-321.
- Yang JY, Nam JH, Park H, Cha YS (2006) Effects of resistance exercise and growth hormone administration at low doses on lipid metabolism in middle-aged female rats. *Eur J Pharmacol* **539**, 99-107.