EXERCISE SCIENCE 운동과학
Vol.31, No. 4, November 2022: 459-468
https://doi.org/10.15857/ksep.2022.00465
ISSN(Print) : 1226-1726
ISSN(Online) : 2384-0544
ORIGINAL ARTICLE

저항성 운동, 블랙마카와 복합처치가 라켓운동선수들의 혈중 근피로인자와 근기능에 미치는 영향

박명훈[1,2] MS, 임승택[3] PhD, 이진석[1] MS, 김병주[2] MS, 오성부[5] MS, 강성훈[1,4] PhD

[1]강원대학교, [2]참약사, [3]강원대학교 올림픽 과학센터, [4]강원대학교 바이오헬스기기 융합기술 협동과정, [5]에소코

Effects of Resistance Exercise, Black Maca and Combined Treatment on Blood Muscle Fatigue Factors and Muscle Function in Racket Athletes

Myeong-Hun Park[1,2] MS, Seung-Taek Lim[3] PhD, Jinseok Lee[1] MS, Byoung-Ju Kim[2] MS, Sung-Bu Oh[5] MS, Sunghwun Kang[1,4] PhD

[1]Kangwon National University, Chuncheon; [2]Charmacist, Seoul; [3]Olympic Studies Center, Kangwon National University, Chuncheon; [4]Interdisciplinary Program in Biohealth-machinery convergence engineering, Kangwon National University, Chuncheon; [5]Essoco, Seoul, Korea

PURPOSE: This study was conducted with racket athletes at a university to determine the effect of combination of resistance exercise and black maca for four weeks on strength and endurance of trunk muscles and fatigue-related biomarkers.

METHODS: There were 16 university racket athletes classified into two groups: CO (control) (n=8) and RE (resistance exercise) (n=8). Body composition and muscle function were tested before the experiment (baseline), after four weeks (racket), and after ten weeks (racket+black maca). Before measuring body composition, we collected a blood sample to measure fatigue-related biomarkers such as myoglobin, creatine kinase (CK), lactic acid, and ammonia. Black maca was purchased from Essoco.

RESULTS: In both the CO and RE groups, racket+black maca lowered blood ammonia levels compared to that at the baseline ($p<.05$) and racket ($p<.001$). There were no differences in the other fatigue-related factors. In the muscle function test, the racket+black maca increased the extension and flexion strength compared to that at the baseline ($p<.05$), while only extension strength increased after racket ($p<.05$) in the RE group. In both groups, the racket+black maca increased the extension and flexion endurance compared to that at the baseline ($p<.05$).

CONCLUSIONS: Black maca intake effectively lowered the blood ammonia levels and improved muscle function. The effect on muscle function enhanced significantly when combined with resistance exercises. These results suggest that combination of black maca and resistance exercise may help improve exercise performance.

Key words: Black maca, Isokinetic muscle function, Lactate, Ammonia, Myoglobin

서 론

운동선수들은 자신의 기량을 극대화하기 위하여 다양한 방법을 사용하고 있으며, 코치, 감독 트레이너들은 경기력 향상과 유지를 위해 노력하고 있다[1]. 특히 운동선수들에게 있어 영양은 매우 중요한 부분이며, 최근에는 보충제를 비롯하여 다양한 영양제 복용을 활용하고 있다. 보충제와 영양제는 근 손상 감소, 근력 향상 및 회복 촉진 등 다양한 효과가 검증되고 있어, 기능에 따라 섭취함으로써 경기력 향상에

Corresponding author: Sunghwun Kang **Tel** +82-33-250-6788 **Fax** +82-33-259-5680 **E-mail** 94psycho@kangwon.ac.kr
Keywords 블랙마카, 등속성 근기능, 젖산, 암모니아, 미오글로빈
Received 27 Sep 2022 **Revised** 28 Nov 2022 **Accepted** 30 Nov 2022

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2022 Korean Society of Exercise Physiology

기여하는 것으로 보고하고 있다[2,3]. 게다가 보충제 섭취는 근 피로 예방을 통하여 운동능력을 개선하고 피로 축적을 방지할 수 있으나, 적지 않은 부작용이 발생하고 있기 때문에 부작용이 적은 천연물을 발견하기 위하여 노력하고 있다[4].

영양 보조제로서 마카(Maca)는 고지대의 척박한 환경을 이겨내고 자랄 만큼 많은 영양소를 함유하고 있다. 마카는 오래 전부터 섭취되고 있으며 안전성 및 인체 건강에 도움을 줄 수 있는 것으로 알려져 페루의 인삼이라고 불리는 기능성이 뛰어난 식품이다[5]. 마카는 8종 이상으로 분류할 수 있는데 그 중 황색, 붉은색, 블랙 마카 등이 식용으로 사용되고 있다[6]. 마카의 주성분은 철분, 칼슘, 구리, 아연, 칼륨 등의 미네랄과 류신, 아르기닌, 페닐알라민, 라이신, 글리신, 알라닌, 발린, 이소류신, 글루탐산, 세린, 아스파르트산 등의 아미노산과 필수 지방산을 함유하고 있으며 종류에 따라 성분이 각기 다른 특징을 가지고 있다[7-9]. 마카는 마카아이드(macamide)를 함유하며 항산화 효과, 성기능과 생식력, 호르몬 조절, 기억력 개선에 긍정적 영향을 주는 천연 식물로 보고되고 있다[10,11]. 또한 마카는 아르기닌을 포함한 아미노산 제제나 L-카르니틴, 글루타민 등의 대사 관여 물질들을 포함하고, 이러한 물질들은 심폐지구력, 근력, 근지구력, 혈중 젖산, 암모니아 수치, 크레아틴 인산효소(CK) 및 미오글로빈(Myoglobin) 등에 개선과 피로물질을 제거하는데 있어 긍정적인 영향을 주기 때문에[12,13] 마카의 섭취가 운동지속 향상에 영향을 주는 것으로 예상된다. 특히, 다른 종류의 마카와 비교하여 블랙마카는 혈당 조절, 에너지 증진 요소[14], 생식기능 및 학습효과에 긍정적 효과를 보고하고 있다. Berlowski et al. [15]은 마카의 마카마이드 성분은 항산화 효과로 intracellular 내 ATP 생산을 유지시키는데 영향을 준다고 보고하였다. 또한, Choi et al. [16]은 마카의 항산화 효과로서 운동 중 산소 소비로 생산된 reactive oxygen species (ROS)를 감소시켜 피로물질 감소에 영향을 줄 것이라 보고하였다. 따라서 블랙마카의 섭취는 다른 마카와 비교하여 피로물질 감소와 항산화 효과로서 근피로 회복과 운동수행능력 향상에 긍정적인 효과를 줄 것으로 예상된다.

일반적으로 선행 연구들은 다양한 측면에서 운동수행능력과 관련한 요인들을 예측하고 분석하고 있다[17]. 일반적으로 운동수행능력과 관련한 혈중 피로인자들 중 손상 관련 인자인 젖산(Lactate), 암모니아(Ammonia), CK, 미오글로빈 등은 운동 후 유의미하게 증가한다[18]. 혈중 암모니아 농도의 증가는 당대사 기전 중 phosphofructokinase (PFK)를 활성화시켜 acetyl-CoA로 변환되는 pyruvate 산화를 억제하고 젖산을 증가시키므로 근육 내 에너지 공급을 지연시킬 뿐만 아니라, 중추신경 및 근 신경계의 신경전달물질을 억제하여 운동수행 능력을 감소시키는 것으로 알려져 있다[19]. 또한 미오글로빈과 CK는 근 손상 지표로 근 파워 및 운동수행능력 감소와 연관되어 있다[20]. 때문에 혈중 피로 물질을 최소화 하는 것이 운동 수행능력을 향상시키기 위한 요소로 고려된다.

마카 섭취와 운동수행능력에 대한 선행연구를 살펴보면, Tang et al. [21]은 in vivo 실험을 통해 100 mg/kg.bw/d 섭취한 결과 마우스의 수영지속시간과 속도를 증가시켰고, 젖산감소를 나타냈다. 또한, Zheng et al. [22]의 연구에서 쥐에게 마카의 섭취를 섭취시켰을 때 수영지속시간을 증가시켰고 CK, 젖산탈수소효소(LDH)의 감소 그리고 골격근과 심근의 손상을 감소시키는 것을 확인하였다. 임상적인 실험에서 Ronceros et al. [23]은 운동선수들을 대상으로 마카를 60일 동안 섭취시켰을 때 최대산소섭취량과 달리기 속도가 증가됨을 확인하였다. 이전의 선행연구에서 마카의 성분이 항산화, 근피로 및 유산소성 능력 향상에 대한 연구를 집중하였지만 근기능에는 근력 뿐만 아니라 근지구력도 포함되어 있기에 여러 측면에서 마카섭취 효과가 있는지에 대한 연구가 필요하며, 또한 이전 연구에서 in vivio, in vitro를 통해 마카의 성분이 근피로 및 운동지속능력 향상에 영향을 주는지를 입증하였지만, 마카의 섭취 효과가 임상적으로 효과적인지에 대한 연구가 필요하다.

운동수행 능력 향상에 있어 피로물질의 감소와 유산소적 능력 및 근기능은 운동선수들의 운동수행능력에 있어 중요한 역할을 한다. 특히, 라켓운동선수들은 심폐지구력과 근력 향상이 경기력 결과에 중요한 부분으로서, 경기력 유지에 있어 유산소적 능력이 중요하다. 근력은 움직임에 있어 빠른 방향 전환 및 목표로 하는 위치 도달에 영향을 주며, 스윙에 있어 볼의 빠른 가속도와 볼 회전 속도에 직접적인 영향을 준다[24]. 따라서 라켓운동선수들의 근력향상을 위한 영양학적, 생리학적인 트레이닝 방법이 필요하다. 마카의 섭취는 피로물질 감소와 유산소적 능력에 긍정적인 영향을 주었기 때문에 라켓운동선수들의 경기력 향상을 위해 필요할 것으로 예상된다.

본 연구는 학생 라켓운동선수들을 대상으로, 4주간의 저항성 운동을 하지 않은 상태에서 블랙마카 섭취 그리고 저항성 운동과 블랙마카 복합 후 젖산, 암모니아, 미오글로빈, CK의 혈중 근피로인자와 등속성 근기능 평가를 통하여 블랙마카 복용이 근피로관련 biomarker와 근기능 능력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 실험은 C시에 소재한 K대학교에 재학 중인 16명의 남자 학생 라켓 운동선수들을 대상으로 실시하였으며, control (CO)과 resistance exercise (RE) 그룹으로 나누었다. CO 그룹은 사전 측정 후 4주 동안 라켓운동 프로그램만 실시하였고(CO 그룹의 Racket), RE 그룹은 사전 측정 후 4주 동안 라켓운동 프로그램과 저항성운동 프로그램을 실시하였다(RE 그룹의 Racket). 선행 학습 또는 이월 효과를 방지하기 위한 2주간의 wash-out 기간을 거친 이후 CO 그룹은 4주 동안 라켓운동 프로그램과 블랙마카(BL)를 복용하였고(CO 그룹의 Racket+BL),

그리고 RE 그룹은 4주 동안 라켓운동과 저항성운동 프로그램 그리고 블랙마카를 복용하였다(RE 그룹의 Racket+BL). 참여한 실험대상자들은 기상 후 1시간, 취침 전 1시간으로 식사 전후를 제한하지 않고 Kwon et al. [25]에서 제시한 100%의 블랙마카분말(Essoco, Seoul, Korea)을 2.5 g씩 하루 2번 물과 함께 4주간 복용하였다. 완전한 식이 통제를 할 수 없기 때문에 실험기간 동안 1일 3회 음식 섭취와 금주할 것을 권고하였다. 본 연구의 실험과정은 K대학 생명연구윤리위원회(IRB: 2021-04-013-001)의 승인을 얻어 개인의 안전보장은 물론 권리 등에 대한 지침을 적용하여 실시하였다. 실험절차와 블랙마카의 영양성분 그리고 참여한 대상자의 신체적 특성은 Tables 1, 2, 4와 같다.

2. 연구절차

1) 신체구성 및 기초체력 검사

신체조성은 생체전기 임피던스 분석원리를 적용한 체성분분석기(Inbody 720, Bio space, Korea)를 사용하여 신장(cm), 체중(kg), BMI (kg/m^2), 체지방량(kg), 체지방률(%), 제지방(kg)을 측정하였다. 본 연구에서 기초체력 측정의 세부항목은 악력기계(TAKEI, TKK-5401)를 사용하여 근력을 측정, 윗몸 일으키기를 통해 근지구력, 몸 앞으로 굽히기를 통해 유연성, 제자리 멀리뛰기 측정기계(KL sports industry K-108)를 사용하여 순발력을 측정, 10 m 달리기를 통해 민첩성, 20 m 셔틀런(Shuttle run) 왕복 오래달리기를 통해 심폐지구력을 측정하였다.

Table 1. Experimental procedure

Subject	
C-si K Univ. 19-24 age, a racket exercise male	
↓	
Group classification	
RE group (n=8)	CO group (n=8)
Measurement variable: Blood maker, Physical fitness, Muscle function test	
↓	
4 weeks exercise program	
CO group (n=8)	RE group (n=8)
Racket exercise	Racket exercise, resistance exercise
Measurement variable: Blood maker, Physical fitness, Muscle function test	
↓	
2 weeks Washout	
↓	
4 weeks exercise program and black maca intake	
CO group (n=8)	RE group (n=8)
Racket exercise, black maca intake	Racket exercise, resistance exercise and black maca intake
Measurement variable: Blood maker, Physical fitness, Muscle function test	
↓	
Data collection and Analysis	

2) 채혈 및 혈액분석

모든 대상자들은 10시간 이상 공복 상태를 유지한 후 실험실에 방문하여 30분간 앉아 휴식을 취한 후 주정맥을 통해 약 10 cc 채혈을 진행하였다. 채혈은 K대학교 병원에 의뢰를 하였고, 항 응고제와 LFT tube로 처리된 진공 채혈관 튜브를 사용하여 진행하였다. 채혈 된 정맥혈은 상온에서 원심분리기(3,000 rpm)로 혈청을 분리하여 분석 전까지 -80°C 냉동고에 보관 후 의뢰 분석하였다. 혈액 분석은 대사 관련 인자로 젖산(Lactic acid), 암모니아(Ammonia)를 분석하였으며, 근육관련 인자로 크레아틴인산 효소(CK), 미오글로빈(Mioglobin)을 분석하였다.

3) 라켓운동 및 저항성운동 프로그램

CO group은 1회 60분, 주5회 라켓 운동 프로그램을 실시하였다(Table 3). RE group은 1회 60분, 주5회 라켓 운동 프로그램과 1회 60분 주2회 저항성 프로그램을 추가로 실시하였다(Table 3).

4) 등속성 근 기능평가

모든 대상자들의 등속성 근 기능 평가를 위해 등속성(isokinetic) 측정장비(CSMi, USA)를 이용하여 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 모든 대상자들이 측정 방법을 사전에 숙지할 수 있도록 충분히 설명한

Table 2. Composition of black maca

Analysis	Black maca
Fiber (g/100 g)	4.95
Carbohydrate (g/100 g)	63.82
Protein (g/100 g)	7.7
Starch (g/100 g)	38.18
Soluble Sugar (g/100 g)	7.02
Riboflavin (mg/100 g)	0.76
Potassium (mg/100 g)	1,000
Iron (mg/100 g)	86

Table 3. Racket and resistance exercise program

Composition	Racket exercise	Resistance exercise	Set	Time (min)
Warm up	Static stretching		1	10
Type	Forehand swing	Chest press machine	15 rep×3 set	40
	Backhand swing	Dumbbell chest press	10 rep×3 set	
	Foot Walk	Lateral raise	10 rep×3 set	
		Squat	15 rep×3 set	
Cool down	Static stretching		1	10

Table 4. Change in body composition

Variable	Baseline	Racket	Racket + BM	*p*-value	post-hoc
Height (cm)					
CO	176.91 ± 4.95	177.15 ± 4.62	176.64 ± 4.01	.978	-
RE	176.43 ± 3.89	176.63 ± 3.28	176.55 ± 3.70	.993	-
Weight (kg)					
CO	69.06 ± 6.36	69.04 ± 4.93	69.59 ± 5.68	.976	-
RE	73.49 ± 12.28	73.1 ± 12.77	73.21 ± 13.14	.998	-
BMI (kg/m^2)					
CO	22.11 ± 2.32	22.04 ± 1.81	22.33 ± 2.09	.960	-
RE	23.59 ± 3.82	23.40 ± 3.96	23.48 ± 4.14	.996	-
Body fat (kg)					
CO	12.38 ± 4.25	11.35 ± 2.71	12.48 ± 4.32	.811	-
RE	12.99 ± 6.44	12.89 ± 6.82	12.86 ± 6.05	.999	-
Fat mass/Lean body (%)					
CO	17.68 ± 4.89	16.38 ± 3.51	17.69 ± 5.05	.803	-
RE	17.01 ± 5.24	16.83 ± 5.55	16.96 ± 4.91	.997	-
Lean body (kg)					
CO	56.69 ± 4.40	57.69 ± 4.46	57.11 ± 3.71	.893	-
RE	60.5 ± 6.63	60.21 ± 6.51	60.35 ± 7.78	.996	-

Values are mean ± standard deviation.
CO, control group; RE, resistance exercise group; Racket+BM, racket+black maca.

후 측정하였다. 근기능 평가로 몸통 관절의 신전과 굴곡을 측정하였는데 측정 전에 일으켜 세워 자세를 맞추고 피험자에 맞게 발판을 이용하여 높이 조절 및 견갑골 패드를 조정하였다. 이후 상, 하체 몸통 모두 고정하고 양손으로 흉부 패드의 손잡이를 잡도록 하여 피험자에 맞는 신전 후 각도, 최대 굴곡 후 각도를 입력 후 관절 가동 범위 내에서 60°/sec로 4회로 근력을, 180°/sec로 20회로 근지구력을 측정하였다. 측정 전 실제 강도에 맞추어 2회씩 연습하였으며 예비 운동과 본 운동 사이에는 10초간의 휴지기를 두고 측정 후 체중에 대한 총 일량((Newton/meters)/Body weight)을 도출하였다.

3. 자료처리방법

본 연구결과의 자료처리는 SPSS 24.0 통계프로그램을 이용하여 모든 변인에 있어 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 각 집단(Baseline, Racket, Racket+BM)에 신체조성, 기초체력, 근피로도 물질 농도변화와 근 기능에 어떠한 차이를 보이는지 검증하기 위하여 일원배치분산 분석(One-Way ANOVA)을 실시하였다. 사후 분석은 LSD 방법을 실시하였다. 모든 통계적 유의 수준은 $\alpha = 0.05$로 설정하였다.

연구 결과

1. 신체조성 및 기초체력의 변화

CO 그룹과 RE 그룹의 각 처치 간 신장, 체중, BMI, 체지방량, 체지방률, 제지방량에 신체조성의 유의미한 변화는 없었다. 기초체력 평가로서 악력, 제자리 멀리뛰기, 윗몸일으키기, 10 m 달리기, 20 m 셔틀런 왕복 오래달리기를 진행하였다. 10 m 달리기에서 CO 그룹의 Racket과 Racket+BL은 Baseline과 비교하였을 때 유의하게 증가하였다($p < .05$). 그 이외 모든 요인과 관련하여 각 그룹의 처치 간의 유의한 변화는 없었다. 연구 대상자들의 신체조성 및 기초체력에 대한 결과는 Tables 4, 6과 같다.

2. Biomarker의 변화

피로관련 혈액 biomarker 분석 결과를 살펴보면 CO 그룹의 Racket에서 Baseline과 비교하였을 때 Ammonia가 유의하게 증가하였다($p < .000$). 하지만, Racket+BL은 Baseline ($p < .05$)과 Racket과 비교하여 Ammonia 수치가 유의하게 감소하였다($p < .000$). 그 이외의 다른 근피로 관련 인자에서는 유의한 차이가 없었다. RE 그룹의 경우 Racket+BL은 Baseline ($p < .01$)과 Racket과 비교하여 Ammonia 수치가 유의하게 감소하였다($p < .000$). 그 이외의 다른 근피로관련 인자에서는 유의한 차이가 없었다. 연구 대상자들의 근 피로관련 지표에 대한 결과는 Table 5와 같다.

3. 근기능의 변화

몸통관절에 대한 60°/sec 속도의 근력평가를 살펴보면 몸통 신전 근력(trunk extension strength)에서 RE그룹의 Racket+BL은 Baseline과 Racket과 비교하여 체중당 근력((Newton/meters)/body weight)이 유의하게 증가하였다($p < .05$). 또한 몸통 굴곡 근력(trunk flexion strength)

Table 5. Change in biomarker

Variable	Baseline	Racket	Racket + BM	*p*-value	post-hoc
Myoglobin (mg/mL)					
CO	25.25 ± 6.96	24.5 ± 5.98	24.88 ± 4.39	.968	-
RE	30.25 ± 8.11	34 ± 14.42	37.25 ± 15.11	.565	-
Creatine Kinase (U/L)					
CO	144.86 ± 64.85	173.25 ± 105.96	180.38 ± 70.46	.530	-
RE	228.29 ± 67.60	196.71 ± 90.16	241.8 ± 90.53	.643	-
Lactic acid (mg/dL)					
CO	8.00 ± 1.44	9.63 ± 4.31	8.51 ± 3.09	.586	-
RE	7.95 ± 3.44	9.5 ± 3.15	9.48 ± 2.59	.525	-
Ammonia (ug/dL)					
CO	99.13 ± 13.08	179.13 ± 45.39	68.75 ± 10.08	.000	a***, b*, c***
RE	113.86 ± 23.16	129 ± 38.44	65.13 ± 13.93	.000	b**, c***

Values are mean ± standard deviation.
CO, control group; RE, resistance exercise group; Racket+BM, racket+black maca.
a = significant between Baseline and Racket, b = significant between Baseline and Racket+BM, c = significant between Racket and Racket+BM.
*p < .05, **p < .01, ***p < .001.

Table 6. Change in fitness

Variable	Baseline	Racket	Racket + BM	*p*-value	post-hoc
Grip Strength Left (kg)					
CO	38.61 ± 4.81	40.5 ± 4.93	39.63 ± 4.50	.732	-
RE	43.56 ± 5.61	41.66 ± 5.04	43.45 ± 6.02	.749	-
Grip Strength Right (kg)					
CO	43.49 ± 5.37	44.25 ± 4.85	43.56 ± 5.94	.953	-
RE	48.13 ± 5.61	48.45 ± 5.56	48.44 ± 6.15	.992	-
Sit-up (count)					
CO	45.88 ± 8.08	48.5 ± 7.21	47.63 ± 6.72	.578	-
RE	35.5 ± 8.47	44.81 ± 10.13	41.5 ± 9.73	.164	-
Flexibility (cm)					
CO	11.58 ± 10.11	14.26 ± 7.92	15.99 ± 6.72	.770	-
RE	1.25 ± 10.34	2.66 ± 10.53	2.48 ± 10.39	.958	-
Standing long jump (cm)					
CO	223.50 ± 16.24	236.00 ± 8.91	230.88 ± 11.64	.163	-
RE	233.63 ± 8.30	240.88 ± 16.41	241.13 ± 12.41	.428	-
10 m run (s)					
CO	8.72 ± 0.58	9.5 ± 0.51	9.59 ± 0.43	.005	a**, b**
RE	9.44 ± 0.69	9.59 ± 0.36	9.64 ± 0.29	.684	-
20 m run shuttle run (count)					
CO	65.00 ± 1.77	66.75 ± 6.67	68.63 ± 4.63	.338	-
RE	60.63 ± 12.81	60.5 ± 16.06	57.5 ± 13.76	.885	-

Values are mean ± standard deviation.
CO, control group; RE, resistance exercise group; Racket+BM, racket+black maca.
a = significant between Baseline and Racket, b = significant between Baseline and Racket+BM.
*p < .05, **p < .01, ***p < .001.

에서 RE그룹의 Racket+BL는 Baseline과 비교하여 유의하게 증가하였다(p < .05). CO그룹은 몸통 굴곡 근력, 몸통 신전 근력과 굴곡 근력 모두 처치 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

몸통관절에 대한 180°/sec 속도의 근지구력을 살펴보면 CO그룹의 Racket+BL은 몸통 신전 근지구력(trunk extension endurance)과 몸통 굴곡 근지구력(trunk flexion endurance) 모두 Baseline과 비교하여 유의하게 증가하였다(p < .05). RE그룹의 Racket+BL은 몸통 신전 근지구력에서 Baseline 및 Racket과 비교하여 체중당 근지구력((Newton/meters)/body weight)이 유의하게 증가하였다(p < .05). 또한 몸통 굴곡 근지구력(trunk flexion endurance)에서 RE그룹의 Racket+BL은 Baseline과

Table 7. Change in muscular strength and endurance (60°/sec and 180°/sec)

Variable	Baseline	Racket	Racket + BM	*p*-value	post-hoc
Extension Total Work [(Newton/meters)/body weight]					
CO	13.91 ± 3.42	14.58 ± 2.21	17.09 ± 2.91	.091	-
RE	14.94 ± 2.55	14.30 ± 3.21	18.12 ± 2.90	.034	b*, c*
Flexion Total Work [(Newton/meters)/body weight]					
CO	12.19 ± 2.83	12.68 ± 1.26	14.09 ± 1.63	.175	-
RE	12.33 ± 3.06	14.42 ± 0.98	15.43 ± 1.47	.019	b*
Extension Total Work [(Newton/meters)/body weight]					
CO	36.38 ± 14.29	46.10 ± 9.64	50.78 ± 9.45	.055	b*
RE	32.91 ± 7.82	34.10 ± 8.26	44.19 ± 10.18	.035	b*, c*
Flexion Total Work [(Newton/meters)/body weight]					
CO	42.80 ± 10.10	47.38 ± 5.07	51.11 ± 5.12	.091	b*
RE	49.29 ± 8.50	52.39 ± 4.51	58.16 ± 2.67	.018	b**

Values are mean ± standard deviation.
CO, control group; RE, resistance exercise group; Racket+BM, racket+black maca.
b = significant between Baseline and Racket+BM, c = significant between Racket and Racket+BM.
*$p < .05$, **$p < .01$.

비교하여 유의하게 증가하였고($p < .05$), Racket과 비교해서 경향적 차이를 보여주었다($p = .058$). 연구 대상자들의 근기능에 대한 결과는 Table 7과 같다.

논 의

본 연구는 CO 그룹으로 라켓운동, 라켓운동과 블랙마카 섭취와 RE 그룹으로 저항성운동 처치, 저항성 운동과 블랙마카를 복합처치한 학생 운동선수를 대상으로 혈중 피로인자와 근기능에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 그 결과, 신체조성과 기초체력은 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았으나, 근 피로인자에서 블랙마카를 복용한 그룹 모두 혈중 암모니아가 유의하게 감소하였다. 근기능 평가에서 CO 그룹에서 마카를 섭취하였을 때 몸통 근지구력에 향상과 RE 그룹에서 마카를 섭취하였을 때 근력과 근지구력의 향상을 보여주었다.

Valentova et al. [26]은 90일간의 마카를 섭취한 성인 남여 19명의 신체조성 차이가 나타나지 않았으며, Brooks et al. [27]은 14명의 50-60대의 폐경기 여성을 대상으로 6주간의 마카를 섭취를 시켰지만 체중변화에 영향을 주지 않았다. 선행연구의 결과에서 마카의 섭취는 신체조성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 또한, Yun et al. [28]은 성인 15명을 대상으로 8주간 마카와 저항성운동의 복합 처치는 체중의 차이를 보여주지 않아 본 연구의 결과와 일치하지만(Table 4), Choi & Kang [29]은 여자운동선수들을 대상으로 4주간의 블랙마카와 저항성 운동이 체중 및 체지방 감소와 근육량 증가를 보여주었다. 저항성 운동과 블랙마카 복합 처치에 따른 신체조성의 변화는 선행연구와 본 연구의 결과를 종합하였을 때 블랙마카의 효과보다는 저항성 운동의 강도와 빈도의 효과로서 판단된다.

운동선수들에게 있어 근육의 피로 회복은 경기력 향상을 위한 중요한 요소로서 고려된다. Tang et al. [21]은 30일간 쥐에게 100 mg/kg.bw/d 마카를 섭취시켰을 때 운동 후 혈중 젖산과 젖산탈수소효소(LDH)의 농도를 감소시켰지만, 혈중 CK의 농도를 증가시켰다. 또한, Zheng et al. [22]은 쥐에게 28일 동안 마카에서 추출한 마카마이드 0.5457 mg/kg/d를 섭취시켰을 때 운동직후 30분 후 젖산의 감소와 근육 Glycogen이 대조군에 비해 유의하게 개선되었다. 이는 마카의 섭취가 운동지속능력과 피로물질 감소가 근육에 고갈된 ATP를 보충하는데 긍정적인 영향을 보여준다. 젖산은 운동 중 혈액 내 농도 변화를 통해 운동강도를 예측하고 젖산 축적에 따른 신체 피로도를 평가할 수 있지만, 축적된 젖산은 운동 후 안정 시 상태에서 근육 내 사용된 ATP를 보충하기 위해서 간에서 빠르게 산화되어 ATP를 보충한다[30]. CK와 미오글로빈은 운동에 따른 근조직 파괴로 나타나는 근 피로 요소로서 운동직후 운동수행능력 감소와 함께 혈액내 농도가 증가하지만[20], Kirwan et al. [31]의 연구에서 운동 후 18시간 뒤 미오글로빈이 안정 시 상태로 돌아온다. 또한 Driessen-Kletter et al. [32]의 연구에서 운동 후 2시간 뒤 미오글로빈이 안정화된다 보고하였다. 하지만, CK는 운동 후 18시간까지 안정화되지 않았다. Jung et al. [33]은 CK가 안정 시 보다 운동 후 48시간까지 증가하였지만, 1회성 저항운동 후 24시간 내 높은 CK의 활성도 차이를 나타냈다[34]. Koch et al. [35]은 운동 후 증가 된 CK는 7일 뒤 안정화되지만, 그 전 시간동안 최대 활성화 상태를 보이더라도 안정 시 상태와 유의한 차이를 보여주지 않았다. 선행연구들을 종합하여 볼 때 본 연구에서 운동 후 시간경과에 따른 근 피로인자의 안정화로 이어진 것으로 판단된다.

암모니아는 대사과정에서 생성된 부산물로 아미노산 이화작용으로 또한 증가하는데[17,36], 당대사로 보충되지 못한 ATP를 보충하기 위

한 결과이다. 결과적으로 운동으로 사용된 근육 내 ATP를 보충하려 하지만, 고갈된 에너지로 인해 원활한 대사과정을 이끌지 못하고 생성되는 부산물로서 근피로를 유발한다[37]. 축적된 암모니아는 TCA (tricarboxylic acid) 순환과 지방산화를 억제하고 중추신경 및 근신경계 내 신경전달물질을 방해하여 근피로에 영향을 주고[38], 고강도 운동과 장기간의 운동으로 근육 및 근신경계에 암모니아의 축적을 보여준다[39,40]. 블랙마카를 섭취하지 않은 기간 동안 라켓운동과 저항성운동에서 암모니아가 더 증가하며 선행연구들의 결과와 동일한 것을 볼 수 있다. 아미노산인 L-ornithine과 L-aspartate은 간에서 암모니아의 대사를 활성화시켜 혈액 내 암모니아 수치를 감소시킨다[41,42]. 또한, Hormoznejad et al. [43]은 메타분석을 통해 BCAA섭취가 젖산, 암모니아, CK 등 근 피로물질을 감소시켰다는 결과로서 블랙마카의 섭취가 체내 암모니아 농도 감소를 유도하여 당대사 활성화와 신경전달물질의 활성화를 통해 근피로를 예방하는 것으로 사료된다. 하지만, 블랙마카에 함유된 항산화 물질 및 아미노산이 피로물질 감소와 관련한 상관성 및 기전연구가 부족하기에 후속 연구의 필요성을 시사한다.

저항성운동은 근력과 근지구력을 향상시키는 대표적인 방법이다. 저항성운동에 따른 근력 및 근지구력 향상에 명확한 기전이 알려져 있지 않지만 근육량 증가, 대사의 활성화 및 근신경계를 활성화시킨다[44]. Kraemer et al. [45]의 연구에서 저항성운동은 근력, 근지구력, 유연성, 심폐지구력, 순발력 등의 기초체력을 향상시키기 때문에 운동선수들이 경기력을 향상시키기 위한 필수적인 요소로 요구된다. 저항성운동의 효과는 빈도, 강도, 기간을 고려해야 하는데, Phillips et al. [46]은 초기 저항성운동에 따른 근 신경계의 발달은 근력을 증가시킬 수 있지만, Cuthbert et al. [47]은 운동선수들을 대상으로 주 3회 저항성운동을 하였을 때 6-12주 사이에 근력의 차이를 볼 수 없었다. 하지만, Brigatto et al. [48]의 연구에서 같은 시기 동안 운동 횟수를 증가시킴으로 근력 및 근지구력을 향상시켰다. 본 연구에서는 라켓운동과 저항성운동을 하였을 때 근력 및 근지구력이 유의한 증가를 보여주지 않았다. 선행연구와 본 연구를 종합하여 볼 때 주 2회 4주간의 저항성운동이 근력 및 근지구력 향상에 유의하지 않은 것으로 판단되며 단기간 운동수행능력을 향상시킬 경우 운동의 빈도를 증가시켜야 할 것으로 판단된다.

마카섭취는 심폐지구력에 영향 등 운동 수행능력에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 마카섭취와 운동수행 능력과 관련하여 Lopez-fando et al. [49]의 연구에서 kg 당 250 mg의 마카를 섭취한 쥐를 이용한 실험과 Yang et al. [50]의 마카의 주성분으로 N-benzyllinoleaminde와 N-benzyloleamide를 쥐에게 섭취시킨 연구에서 대조군과 비교하여 수영 지속시간이 유의하게 증가하였다. 임상적인 실험에서 Ronceros et al. [23]은 운동선수들을 대상으로 마카를 60일 동안 섭취시켰을 때 최대산소섭취량과 속도가 증가하였다. 아미노산과 복합 미네랄을 섭취한 연구에서 운동수행능력에 긍정적인 영향을 보여준 선행연구들을 보았을 때[51-54] 마카섭취가 심폐지구력과 근지구력에 긍정적인 영향을 미치고 마카만 섭취하였던 본 연구의 결과와 동일함을 볼 수 있다.

저항성 운동과 블랙마카의 복합 처치는 근력 및 근지구력 모두 향상시켰다. 필수아미노산과 저항성 운동을 복합처치한 Willoughby et al, [55]의 결과에서 저항성운동만 하였던 그룹보다 향상된 근력 및 근지구력을 보여준다. Yun et al. [28]과 Choi & Kang [29]의 연구에서 블랙마카와 저항성운동을 복합처치하였을 때 근지구력 또는 근력 향상을 보여주었다. 아미노산이 풍부한 블랙마카와 저항성운동 복합처치가 근력과 근지구력 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 판단되지만 마카의 복용이 어떠한 기전을 활성화시켜 근기능 향상에 영향을 주었는지에 대한 기전적 후속연구가 필요하다.

본 연구에서 블랙마카 섭취는 근피로 인자 감소와 근기능 향상을 보여주었지만 블랙마카 처치기간이 다른 선행연구에 비해 처치기간이 짧아(4주 처치) 장기간의 블랙마카 효과에 대한 확인이 어렵다. 또한, 저항성운동과 블랙마카 복합처치가 블랙마카만 섭취했던 그룹과 비교를 하기 어려운 실험절차로 통계적 검증의 제한점을 보여주기 때문에 다양한 접근방식을 통해 저항성운동과 블랙마카 복합처치에 효과에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

결 론

본 연구는 라켓운동선수들을 대상으로 CO그룹과 RE그룹으로 나누어 4주간 블랙마카를 섭취하지 않았을 때와 블랙마카를 4주간 섭취하였을 때 근 피로인자와 근기능에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 두 그룹 모두 블랙마카를 섭취하였을 때 혈액 내 암모니아의 수치가 유의하게 감소하였다. 또한, 두 그룹 모두 블랙마카를 섭취하였을 때 근지구력이 유의하게 향상되었다. 또한 저항성운동과 블랙마카를 복합 처치하였을 때 근력 또한 유의하게 증가하였다. 이러한 연구의 결과를 바탕으로, 블랙마카의 섭취는 저항성 운동을 하는 상황과 하지 않는 상황에서 근피로인자와 근지구력 향상에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단된다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: M Park, S Lim, B Kim, S Oh; Data curation: M

Park; Formal analysis: J Lee; Methodology: M Park, S Lim; Project administration: M Park, S Lim; Visualization: J Lee; Writing - original draft: M Park, J Lee; Writing - review & editing: J Lee.

ORCID

Myeong-Hun Park	https://orcid.org/0000-0001-9408-7554
Seung-Taek Lim	https://orcid.org/0000-0002-0980-991X
Jinseok Lee	https://orcid.org/0000-0003-1142-0740
Byoung-Ju Kim	https://orcid.org/0000-0002-6634-5656
Sung-Bu Oh	https://orcid.org/0000-0001-5204-0854
Sunghwun Kang	https://orcid.org/0000-0002-3932-0218

REFERENCES

1. Dabidi Roshan V, Fallah Mohammadi Z, Barzegar Zadeh H. Effect of short term glutamine supplementation on cortisol and salivary flow rate in active boys after on bout of exhaustive exercise. J Appl Physiol. 2007;3(5):23-34.
2. Sobal J, Marquart LF. Vitamin/mineral supplement use among athletes: a review of the literature. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 1994;4(4):320-34.
3. Lehmkuhl M, Malone M, Justice B, Trone G, Pistilli E, et al. The effects of 8 weeks of creatine monohydrate and glutamine supplementation on body composition and performance measures. J Strength Cond Res. 2003;17(3):425-38.
4. Xu C, Lv J, Lo YM, Cui SW, Hu X, et al. Effects of oat β-glucan on endurance exercise and its anti-fatigue properties in trained rats. Carbohydr Polym. 2013;92(2):1159-65.
5. Flores HE, Walker TS, Guimarães RL, Bais HP, Vivanco JM. Andean root and tuber crops: underground rainbows. HortScience. 2003;38(2):161-7.
6. Gonzales GF, Nieto J, Rubio J, Gasco M. Effect of black maca (lepidium meyenii) on one spermatogenic cycle in rats. Andrologia. 2006;38(5):166-72.
7. Gonzales GF. Ethnobiology and ethnopharmacology of lepidium meyenii (Maca), a plant from the Peruvian highlands. Evid Based Complement Alternat Med. 2012;2012.
8. Dini A, Migliuolo G, Rastrelli L, Saturnino P, Schettino O. Chemical composition of Lepidium meyenii. Food Chem. 1994;49(4):347-9.
9. Yucra S, Gasco M, Rubio J, Nieto J, Gonzales GF. Effect of different fractions from hydroalcoholic extract of black maca (Lepidium meyenii) on testicular function in adult male rats. Fertil Steril. 2008;89(5):1461-7.
10. Chain FE, Grau A, Martins JC, Catalán CA. Macamides from wild 'maca', Lepidium meyenii walpers (brassicaceae). Phytochem Lett. 2014;8:145-8.
11. Wang Y, Wang Y, McNeil B, Harvey LM. Maca: an andean crop with multi-pharmacological functions. Food Res Int. 2007;40(7):783-92.
12. Oh MJ, Lim EM, Seo TB, Yoon JH, Choi DW, et al. Effects of the acute supplementation of L-caritine and glutamine on blood ammonia, lactic acid and muscle fatigue during arm ergometer exercise. Kor J Dev Psychol. 2006;14(4):141-52.
13. Han ES, Effects of amino acid intake on lactic acid and physical strength in adults participating in crossfit [thesis]. Gwangju: Chosun University 2017.
14. Winston D, Maimes S. Adaptogens: herbs for strength. Stamina, and Stress Relief. 2007;226-7.
15. Berlowski A, Zawada K, Wawer I, Paradowska K. Antioxidant properties of medicinal plants from peru. Food Nutr Sci. 2013;4:71-7.
16. Choi EH, Kang JI, Cho JY, Lee SH, Kim TS, et al. Supplementation of standardized lipid-soluble extract from maca (lepidium meyenii) increases swimming endurance capacity in rats. J Ftn Foods. 2012;4(2):568-73.
17. Rees C, Oppong K, Al Mardini H, Hudson M, Record C. Effect of L-ornithine-L-aspartate on patients with and without TIPS undergoing glutamine challenge: a double blind, placebo controlled trial. Gut. 2000;47(4):571-4.
18. Huang WC, Chiu WC, Chuang HL, Tang DW, Lee ZM, et al. Effect of curcumin supplementation on physiological fatigue and physical performance in mice. Nutrients. 2015;7(2):905-21.
19. Takeda K, Machida M, Kohara A, Omi N, Takemasa T. Effects of citrulline supplementation on fatigue and exercise performance in mice. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 2011;57(3):246-50.
20. Coso JD, Gonzalez-Millan C, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Soriano L, et al. Muscle damage and its relationship with muscle fatigue during a half-iron triathlon. Plos One. 2012:e43280.
21. Tang W, Jin L, Xie L, Huang J, Wang N, et al. Structural characterization and antifatigue effect in vivo of maca (lepidium meyenii walp) polysaccharide. J Food Sci. 2017;82(3):757-64.
22. Zheng Y, Zhang WC, Wu ZY, Fu CX, Hui AL, et al. Two macamide extracts relieve physical fatigue by attenuating muscle damage in mice.

J Sci Food Agric. 2019;99(3):1405-12.
23. Ronceros G, Ramos W, Garmendia F, Arroyo J, Gutiérrez J. Eficacia de la maca fresca (lepidium meyenii walp) en el incremento del rendimiento físico de deportistas en altura. in Anales de la Facultad de Medicina. 2005. UNMSM. Facultad de Medicina.
24. Lees A. Science and the major racket sports: a review. J Sports Sci. 2003;21(9):707-32.
25. Kwon DJ, Lee SH, Lee SY. Biological effects of maca (lepidium meyenii). Food Indust Nutrit. 2009;14(2):19-24.
26. Valentová K, Stejskal D, Bartek J, Dvořáčková S, Křen V, et al. Maca (lepidium meyenii) and yacon (smallanthus sonchifolius) in combination with silymarin as food supplements: in vivo safety assessment. Food Chem Toxicol. 2008;46(3):1006-13.
27. Brooks NA, Wilcox G, Walker KZ, Ashton JF, Cox MB, et al. Beneficial effects of lepidium meyenii (maca) on psychological symptoms and measures of sexual dysfunction in postmenopausal women are not related to estrogen or androgen content. Menopause. 2008;15(6):1157-62.
28. Yun DW, Park MH, Choi JW, Kang SH. Effects of maca intake and resistance exercise program on muscle function. Intl J (e)Sports & Taekwondo Sci. 2021;(1)1:23-9.
29. Choi JW, Kang SH. Effects of intake black maca on inflammatory factors in female athletics. Journal of Sport and Dance Science. 2021;(1)2:39-47.
30. Van Hall G. Lactate kinetics in human tissues at rest and during exercise. Acta Physiol (Oxf). 2010;199(4):499-508.
31. Kirwan JP, Clarkson PM, Graves JE, Litchfield PL, Byrnes WC. Levels of serum creatine kinase and myoglobin in women after two isometric exercise conditions. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1986;55(3):330-3.
32. Driessen-Kletter MF, Amelink GJ, Bär PR, Van Gijn J. Myoglobin is a sensitive marker of increased muscle membrane vulnerability. J Neurol. 1990;237(4):234-8.
33. Jung YG, Choi HN, Kim JK, Nho HS. Effect of 3 weeks intake of cervus elaphus power on prevention and recovery of muscle damage induced by eccentric exercise. J Korean Soc Living Environ Sys. 2009;16(3):221-8.
34. Kwak HE, Jung SR, Jung HL, Kang HY. The effects of acute resistance exercise on insulin sensitivity, plasma lactate and CK. Kor J phys Edu. 2007;46(5):503-12.
35. Koch AJ, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2014;14(1):68-77.
36. Hellsten Y, Richter E, Kiens B, Bangsbo J. AMP deamination and purine exchange in human skeletal muscle during and after intense exercise. J Physiol. 1999;520(3):909-20.
37. NEN HTP, NEN TN, Knuutinen J, Lahti K, NEN OK, et al. Free amino acid pool and muscle protein balance after resistance exercise. Med Sci Sports Exerc. 2003;195(9131/03):3505-0784.
38. Sahlin K, Broberg S. Adenine nucleotide depletion in human muscle during exercise: causality and significance of AMP deamination. Int J Sports Med. 1990;11(S 2):S62-7.
39. Wagenmakers A, Beckers E, Brouns F, Kuipers H, Soeters PB, et al. Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and amino acid metabolism during exercise. Am J Physiol Endocrinol Metab. 1991;260(6):E883-90.
40. Chaouloff F. Effects of acute physical exercise on central serotonergic systems. Med Sci Sports Exerc. 1997.
41. Gorostiaga EM, Navarro-Amézqueta I, Calbet JA, Sánchez-Medina L, Cusso R, et al. Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise. J Strength Cond Res. 2014;28(10):2775-85.
42. Jalan R, Wright G, Davies N, Hodges S. L-ornithine phenylacetate (OP): a novel treatment for hyperammonemia and hepatic encephalopathy. Med Hypotheses. 2007;69(5):1064-9.
43. Hormoznejad R, Zare Javid A, Mansoori A. Effect of BCAA supplementation on central fatigue, energy metabolism substrate and muscle damage to the exercise: a systematic review with meta-analysis. Sport Sci Health. 2019;15(2):265-79.
44. McCaulley GO, McBride JM, Cormie P, Hudson MB, Nuzzo JL, et al. Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. Eur J Appl Physiol. 2009;105(5):695-704.
45. Kraemer WJ, Ratamess NA, French DN. Resistance training for health and performance. Curr Sports Med Rep. 2002;1(3):165-71.
46. Phillips SM. Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training? Can J Appl Physiol. 2000;25(3):185-93.
47. Cuthbert M, Haff GG, Arent SM, Ripley N, McMahon JJ, et al. Effects of variations in resistance training frequency on strength development in well-trained populations and implications for in-season athlete training: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2021;51(9):1967-82.
48. Brigatto FA, Braz TV, da Costa Zanini TC, Germano MD, Aoki MS,

et al. Effect of resistance training frequency on neuromuscular performance and muscle morphology after 8 weeks in trained men. J Strength Cond Res. 2019;33(8):2104-16.

49. López-Fando A, Gómez-Serranillos M, Iglesias I, Lock O, Upamayta U, et al. Lepidium peruvianum chacon restores homeostasis impaired by restraint stress. Phytother Res. 2004;18(6):471-4.
50. Yang Q, Jin W, Lv X, Dai P, Ao Y, et al. Effects of macamides on endurance capacity and anti-fatigue property in prolonged swimming mice. Pharm Biol. 2016;54(5):827-34.
51. Lee N. A review of magnesium, iron, and zinc supplementation effects on athletic performance. Kor J phys Edu. 2017;56(1):797-806.
52. Lee SJ, Park GM. Analysis of the lower muscle function of youth ice hockey players according to BCAA intake. Korean J Sport Sci. 2021;30(5):1013-22.
53. Hannah R, Stannard RL, Minshull C, Artioli GG, Harris RC, et al. β-Alanine supplementation enhances human skeletal muscle relaxation speed but not force production capacity. J Appl Physiol (1985). 2015;118(5):604-12.
54. Fricke O, Baecker N, Heer M, Tutlewski B, Schoenau E. The effect of l-arginine administration on muscle force and power in postmenopausal women. Clin Physiol Funct Imaging. 2008;28(5):307-11.
55. Willoughby D, Stout J, Wilborn C. Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. Amino Acids. 2007;32(4):467-77.