Journal of the Korean Applied Science and Technology
Vol. 40, No. 6. December, 2023. 1309~1321
ISSN 1225-9098 (Print)
ISSN 2288-1069 (Online)
http://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2023.40.6.1309

남자 대학 태권도 겨루기 선수의 8주간 고강도 동계 훈련 시 L-아르기닌 섭취가 경기수행능력, 젖산, 젖산탈수소효소 및 암모니아에 미치는 영향

박경현[1,*] · 고수한[2] · 김태규[3] · 손선영[4] · 하수민[5] · 김도연[6,†]

[1]부산대학교 체육교육과, 석사
[2]부산대학교 체육교육과, 박사 후 연구원
[3]부산대학교 체육교육과, 박사 과정
[4]부산대학교 체육교육과, 박사 과정
[5]부산스포츠과학센터, 선임 연구원
[6]부산대학교 체육교육과, 교수
(2023년 12월 20일 접수: 2023년 12월 21일 수정: 2023년 21일 채택)

Effect of Intake L-Arginine on Athletic Performance, Lactate, Lactate Dehydrogenase and Ammonia in Male College Taekwondo Kyorugi Players during an 8-Week Intensive Winter Training

Kyung-Hyun Park[1,*] · Su-Han Koh[2] · Tae-Kyu Kim[3] · Seon-Young Son[4]
Soo-Min Ha[5] · Do-Yeon Kim[6,†]

[1]*Department of Physical Education, Master's Degree, Pusan National University, Busan, Korea*
[2]*Department of Physical Education, Post Doctor, Pusan National University, Busan, Korea*
[3]*Department of Physical Education, PhD Course, Pusan National University, Busan, Korea*
[4]*Department of Physical Education, PhD Course, Pusan National University, Busan, Korea*
[5]*Center for Sport Science, Senior Researcher, Busan, Korea*
[6]*Department of Physical Education, Professor, Pusan National University, Busan, Korea*
(Received December 20, 2023; Revised December 21, 2023; Accepted December 21, 2023)

요 약 : 본 연구는 8주간의 고강도 동계 훈련 시 L-아르기닌 섭취가 남자 대학 태권도 겨루기 선수의 경기수행능력, 젖산, 젖산탈수소효소 및 암모니아에 미치는 영향을 구명하기 위해 L-아르기닌 섭취군(n=14), 위약군(n=14)으로 구분하여 실시하였다. L-아르기닌 섭취군은 일일 아침 1 g, 점심 1 g, 저녁 1 g으로 총 3 g 섭취하였고 위약군은 말토덱스트린을 동일한 방법으로 섭취하였다. 8주간의 동계 훈련 프로

†Corresponding author
(E-mail: kdy4955@pusan.ac.kr)

그램은 70-90%HRR로 실시하였다. 측정된 자료의 L-아르기닌 섭취군과 위약군 간의 그룹 및 시기 간 상호작용 효과는 two-way repeated measures ANOVA, 그룹 내 시기 간 차이는 paired t-test를 사용하였으며, 그룹 간 차이는 independent t-test를 사용하여 분석하였다. 그 결과 TAAA (Taekwondo-specific aerobic anaerobic agility) test를 통한 경기수행능력 중 평균 발차기 수에서 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났으며 그룹 간 주효과가 나타났다(p<.05). 또한, 발차기 피로지수에서 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다(p<.05). 한편, 젖산에서는 시기 간 주효과가 나타났으며(p<.05) 젖산탈수소효소에서 상호작용 효과 및 시기 간 주효과 나타났다(p<.05). 암모니아의 경우 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다(p<.05). 이러한 결과는 남자 대학 태권도 겨루기 선수의 고강도 훈련 후 피로에 쉽게 노출되는 선수들에게 L-아르기닌 섭취로 인해 체내 피로 유발 물질들을 신속하게 제거하는 데 긍정적인 역할을 할 수 있다고 사료된다. 따라서 고강도 엘리트 태권도 겨루기 운동선수의 경기수행능력 향상과 피로 회복 방법으로 L-아르기닌 섭취를 권장한다.

주제어 : L-아르기닌, 남자 대학 태권도 겨루기 선수, 고강도 동계 훈련, 경기수행능력, 젖산, 젖산탈수소효소, 암모니아

Abstract : This study was conducted by dividing L-arginine intake group (n=14) and placebo group (n=14) to investigate the effect of L-arginine intake on athletic performance, lactate, lactate dehydrogenase, and ammonia of men's college Taekwondo Kyorugi players during 8-week of intensive winter training. The L-arginine intake group consumed a total of 3 g, including 1 g for breakfast, 1 g for lunch, and 1 g for dinner, and the placebo group consumed maltodextrin in the same way. The 8-week winter training program was conducted at 70-90%HRR (heart rate reserve). Two-way repeated measures ANOVA was used for the interaction between the L-arginine intake group and the placebo group of the measured data, paired t-test was used for the difference between the periods within the group, and the difference between groups was analyzed using independent t-test. As a result, there was an interaction between groups in the average number of kicks among the performance ability through the TAAA (Taekwondo-specific aerobic anaerobic agility) test , and the main effect between groups was shown (p<.05). In addition, there was an interaction between groups and time in the kick fatigue index (p<.05). In lactate, the time-interaction were shown (p<.05) and interaction effects and inter-time main effects were observed in lactate dehydrogenase (LDH)(p<.05). In the case of ammonia, the interaction effect between the group and time was shown (p<.05). These results show that L-arginine intake can play a positive role in quickly synthesizing nitric oxide in blood vessels and expanding blood vessels to quickly remove fatigue-causing substances in the body for athletes who are easily exposed to fatigue after high-intensity training for male college Taekwondo Kyorugi players. Therefore, it is recommended to take L-arginine as a way to improve the performance of high-intensity elite Taekwondo Kyorugi players and recover from fatigue.

Keywords : L-arginine, Male College Taekwondo Kyorugi players, Intensive winter training, Athletic performance, Lactate, Lactate Dehydrogenase, Ammonia

1. 서 론

태권도는 한국을 대표하는 고유의 무술로써 그 중 겨루기 종목은 1988년 서울 올림픽에서 시범종목으로 채택된 것에 이어 2000년 시드니 올림픽부터는 정식종목으로 채택되었고 짧은 기간 동안 태권도는 세계화와 대중화에 성공하였다. 태권도는 세계인들이 가장 선호하는 스포츠 종목 중 하나인 축구 다음으로 많은 회원국을 보유하고 있는 글로벌 스포츠로써 최근 2020년 도쿄 하계

올림픽 28개 종목 중 핵심 종목으로 결정되었다. 이처럼 태권도 겨루기 경기는 선수 개인의 순간적인 판단으로 상대 선수의 공격을 방어하고 득점 가능한 부위를 정확히 하여 승패를 결정짓는 대표적인 투기 종목으로 자리 잡았다.

선수들의 공격적인 경기를 위해 2022년부터 새롭게 개정된 규칙인 회전승패제인 라운드 시스템을 돌입하여 2분 3회전 중 2회 선 승자가 최종 승자가 되기 때문에 경기 전략적으로 선수들의 경기체력은 더욱 중요해졌다[1]. 이에 따라 태권도 겨루기 경기에서 체력 요인은 경기력에 큰 영향을 미치고 승패를 결정하는 중요한 요소가 되었기 때문에 선수들은 경기 시즌이 끝난 시점인 동계 기간 동안(1-2월) 다음 시즌을 준비하고, 경기 운영 감각과 체력을 향상시키기 위해 높은 고강도 훈련을 실시한다.

선수들은 상대방과의 경쟁에서 승리하기 위해 동계 훈련 기간 동안 강도 높은 훈련 프로그램을 지속적으로 실시하고 있는데 고강도 훈련 후 충분한 휴식을 통한 회복이 가능하다면 경기력 및 체력 향상을 기대할 수 있지만, 그렇지 않으면 피로가 누적되어 지속적인 훈련 수행이 힘들어져 경기력 저하를 불러올 수 있다[2]. 하지만 지도자들이 동계 훈련 기간 동안 선수들의 영양 섭취를 관리하고 관심을 가지게 된다면 선수들의 회복에 큰 도움을 줄 수 있다[3].

동계 훈련 기간 동안 다양한 고강도 체력 훈련과 경기 기술 훈련을 하게 될 경우 젖산은 근육 내 젖산염을 생산하고 근 수축력 과정을 저해시켜 피로를 유발하게 되고[4], 체내 pH농도를 감소시키기 때문에 경기력과 운동기능을 방해하게 된다[5]. 젖산 생성은 피루브산이 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase)에 의해 NADH(nicotinamide adenine dinucleotide-hydrogen)를 NAD (nicotinamide adenine dinucleotide)로 산화되면서 생성이 되는데[6], 운동 강도가 지속적으로 높아질수록 젖산의 제거보다 생성과 축적 속도가 더 빨라져 젖산탈수소효소 수치도 함께 증가하게 된다[7]. 암모니아는 고강도 훈련 시 급격한 근 수축으로 근육 내 피로를 유발하고 육체적 탈진 상태와 관련이 있으며 중추신경계 세포 내의 수소이온농도의 변화로 암모니아가 많이 축적될수록 운동 기능장애와 피로가 발생한다[8].

이러한 고강도 운동 중 신체 변화 속에서 신속한 피로물질 제거는 선수들이 운동을 지속적으로 할 수 있도록 도움을 주고 피로 발생을 지연시키기 때문에 경기력과 경기수행능력 향상을 결정하는 중요한 요인으로 충분한 휴식과 영양 섭취가 중요하다[9]. 충분한 영양 섭취는 장시간 운동으로 인한 상해를 감소시키고 훈련 시간을 적절하게 늘릴 수 있으며, 훈련과 경기 사이에 신속한 회복을 할 수 있도록 하여 개개인의 최대 기량을 발휘할 수 있는 원동력이 된다[10]. 이처럼 엘리트 운동선수들은 고강도 훈련으로 인해 많은 양의 에너지가 필요하기 때문에 적절한 영양소 섭취는 선수들 경기력 향상에 꼭 필요하며, 경기력 향상에 도움을 줄 수 있는 보조식품을 복용하는 것이 중요하다[11].

엘리트 운동선수들에게 보조제 섭취는 불충분한 식사를 보충하고 고강도 훈련으로 인해 소비된 영양소를 충족시키며, 훈련 적응 능력 향상, 훈련 후 빠른 회복, 경기 중 최적의 컨디션 유지, 근육 피로 예방, 에너지대사 등 경기수행능력과 경기력 향상에 도움을 준다[12]. 특히, 필수 아미노산은 신체 단백질의 기본 구성요소이며 새로 합성할 수 없거나 합성속도가 신체의 요구를 적절하게 충족시키지 못하기 때문에 부족할 경우 근육 합성이 어려워져 따로 식이 및 보조제를 통하여 보충해야 경기수행능력 향상에 효과를 볼 수 있다[13]. 또한, 체내 흡수되는 시간을 고려한다면 단백질이 함유된 음식을 섭취하는 것보다 아미노산을 섭취하여 시간을 비교적 짧게 할 수 있는 다양한 종류의 보조제를 섭취하는 것이 빠르고 효과적이다[7].

그중 L-아르기닌은 조건부 필수 아미노산으로 내피 기능의 개선, 스포츠 경기력 향상 및 유산소 운동과 관련된 근육 피로회복을 위한 가장 인기 있는 보조제 중 하나이며[14], 간에서 사용되는 필수 아미노산으로써 암모니아 해독작용에 있어 오르니틴(ornithine), 시트룰린(citrulline) 등 체내에서 요소회로(urea cycle) 경로에 이용된다[15]. L-아르기닌은 산화질소(nitric oxide; NO)의 주요 전구체로 이러한 아미노산이 산화질소 합성효소(nitric oxide synthase; NOS) 작용에 의해 NO로 전환되고, NO는 포유동물에서 생산되는 가장 강력한 혈관확장제로 혈류를 증가시켜 근육의 성능을 향상시킨다[16]. 즉, L-아르기닌은 근육으로 혈류를 증가시키고 산소전달을 촉진할 수 있는 주요 혈관확장제인 NO를 통해 혈관을 확장하여 산소이용률이 높아져 경기수행능력을 향상시키는 기능이 있기 때문에 잠재적으로 중요한 역할을 가진다[17].

운동선수들에게 경기력은 선천적인 재능과 노력으로 이루어지지만, 많은 선수들은 훈련 외적인 방법으로 신체적 능력을 향상시키기 위해 에너지 이용률을 높일 수 있는 보조제를 섭취하고 경기력을

향상 시킨다[18]. 엘리트 선수들은 매년 동계 훈련 기간 동안 강도 높은 훈련을 실시하여 피로가 축적되고 근 피로와 통증을 유발하여 경기수행능력에 영향을 준다. 하지만 L-아르기닌 섭취가 태권도 선수들 대상으로 한 연구가 미비하여 태권도 겨루기 선수들을 대상으로 8주간의 고강도 동계 훈련 기간 동안 L-아르기닌 섭취를 시키고자 한다.

따라서 본 연구는 8주간 고강도 동계 훈련 시 L-아르기닌 섭취가 태권도 겨루기 선수의 경기수행능력 향상과 젖산, 젖산탈수소효소 및 암모니아에 미치는 영향에 대해 구명하여, 향후 태권도 겨루기 선수들에게 지속적인 경기수행 향상과 빠른 피로회복에 도움을 주고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구의 대상자는 B광역시 소재의 D대학에 재학하고 있는 운동경력 5년 이상, 전국대회 입상 경험이 있는 남자 대학 태권도 겨루기 선수를 대상으로 모집하였다. 본 연구의 대상자 표본 수 산정을 위해 G-Power 3.1 프로그램을 사용하여 반복측정 분산분석법에 의거하여 effect size f=0.3, 그룹 수 2개, 반복측정 횟수 2회, 검정력 0.8, 유의수준 .05로 설정하여 분석한 결과 총 24명으로 산출되었고, 탈락률을 감안하여 초기 대상자 모집은 총 30명을 대상으로 L-아르기닌 섭취군(n=15)과 위약군(n=15)으로 분류하여 측정 및 검사 하였다. 하지만 운동 기간 중 개인사정으로 인한 중도 탈락자(동계훈련 중 부상 및 코로나-19 감염으로 측정하지 못한 자)를 제외한 후 L-아르기닌 섭취군(n=14)과 위약군(n=14) 총 28명을 대상으로 측정 및 검사 결과를 분석하였고 분석 전 데이터의 정규분포 검정을 위해 Shapiro-Wilk 검정을 확인하였으며 데이터의 정규성을 만족하였다. 실험에 앞서 부산대학교 생명윤리위원회의 승인(PNU IRB/2022_173_HR)을 받았으며 대상자들에게 본 연구의 목적과 취지를 충분히 설명한 뒤 자발적으로 참여할 의사를 나타낸 자에 한하여 실험동의서를 받아 참여시켰다. 또한, 실험기간 동안 실험에 사용한 L-아르기닌 외에 다른 영양 보조제 섭취를 엄격히 제한하였다. 대상자의 신체적 특성은 〈Table 1〉과 같다.

2.2. 측정항목 및 방법

2.2.1. 신체조성

신장은 수동 신장계를 이용하여 가슴을 펴고 턱은 약간 당겨 정면을 바라본 상태에서 머리와 등, 엉덩이, 발뒤꿈치가 일직선이 되게 한 후 신장계를 이용하여 발뒤꿈치부터 머리끝 두 정점까지의 높이를 측정하였다. 대상자들의 체중, 체지방률 및 골격근량은 Inbody 430(Biospace, Seoul, South Korea)을 자동으로 측정하였다.

2.2.2. L-아르기닌 및 말토덱스트린 위약 섭취

8주 동계 훈련기간 중 L-아르기닌(Now food, USA) 투여량은 권장되는 투여량이 존재하지 않기에 선행연구를 바탕으로 본 연구에서는 투여 효과에 대한 안전성, 그리고 피험자의 연령을 고려하여 매일 아침 1 g, 점심 1 g, 저녁 1 g으로 총 3 g 섭취

Table 1. Characteristics of subjects in each group

Variables / Group	Age (yrs)	Height (㎝)	Weight (㎏)	SMM (㎏)	BMI (㎏/㎡)	Career (yrs)
PG(n=14)	21.00 ±0.68	179.71 ±4.18	73.32 ±9.00	34.75 ±3.45	22.88 ±3.03	8.86 ±2.11
AG(n=14)	20.93 ±0.73	176.64 ±4.53	70.77 ±10.51	34.01 ±3.65	22.81 ±3.17	8.00 ±2.22
t-value	-.268	-1.864	-.690	-.554	-.055	-1.048

Values are $M \pm SD$
PG: placebo group, AG: arginine group
SMM: skeletal muscle mass, BMI: body mass index

하였다[2, 19]. 또한, L-아르기닌 섭취 기간 동안 L-아르기닌 섭취군 및 위약군의 영양 보조제 섭취를 제한하였다. 위약군은 캡슐에 말토덱스트린(Nutricost, Utah, USA) 1 g을 알약 형태로 조제하여 동일한 방법으로 섭취시켰다. L-아르기닌 섭취 기간은 8주이며, 위약도 동일한 기간 동안 섭취시켰다.

2.2.3. 경기수행능력

경기수행능력 측정은 Taekwondo-specific aerobic-anaerobic-agility test(TAAA)를 이용하여 측정하였으며[20], TAAA test는 경쟁 및 훈련에서 전형적으로 수행되는 활동을 고려하여 세 가지 주요 체력 요소인 민첩성, 호기성 및 혐기성 파워에 대한 평가를 하는 방식으로 제안된다. 따라서 태권도 겨루기 선수의 유·무 산소 능력을 대변할 수 있는 경기수행능력 평가로 경기수행능력 측정에 앞서 선수들에게 TAAA test에 대한 충분한 교육을 실시하였다. TAAA test에 대한 도식은 Fig. 1과 같다.

2.2.3.1. TAAA 테스트 평균 발차기 수

TAAA test는 4 m 간격을 두고 출발점에서 A지점으로 앞으로 뛰어가 오른발 돌려차기, 180도 회전하여 왼발 돌려차기 후 B지점으로 달려가 동일한 절차를 20초 동안 연속적으로 수행한 후 10초간 휴식 시간을 가진다. 이러한 방법을 동일하게 6회 실시하여 총 3분 동안 실시하고 6회 실시한 발차기 총 갯수의 평균을 구하였다[6회 발차기 총 갯수 / 6]. 이때 배꼽과 젖꼭지 사이의 높이의 발차기만 인정되며 구체적인 평가 도식은 Fig. 1과 같다.

2.2.3.2. TAAA 테스트 발차기 피로 지수

측정에 대한 기록은 6회전 중 최대 발차기 수, 최소 발차기 수와 테스트 종료 시 총 발차기 수를 구하여 올바른 발차기 수를 기록하였고, 대상자들의 발차기 감소량을 알아보기 위해 [20]의 공식을 사용하여 [최대발차기 수 - 최소발차기 수 / 총 발차기 횟수]×100 피로 지수를 기록하였다.

2.3. 동계 훈련 프로그램

8주간의 동계 훈련은 D 대학에서 매년 실시되는 훈련 프로그램을 오전, 오후, 야간으로 나누어 실시하였으며, 훈련 기간 동안 기초 체력 훈련, 전문 기술 훈련 및 웨이트 트레이닝 등 고강도 수준으로 설정하여 실시하였다. 구체적인 훈련 내용은 〈Table 2〉와 〈Table 3〉과 같다.

2.4. 채혈 및 분석

채혈을 위해 실험 시작 전 24시간 동안 격렬한 운동을 금지시키고 카페인 섭취 및 흡연을 제한하였으며, 전날 오후 9시 이후부터 공복을 유지하도록 하여 채혈 당일 오전 9-10시에 임상병리사가 정맥혈 주사기를 이용하여 전완 정맥(antecubital vein)에서 안정 시 10 ㎖ 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 serum separate tube(SST)에 담은 후 원심분리기 Combi-514R(Hanil, Seoul, South

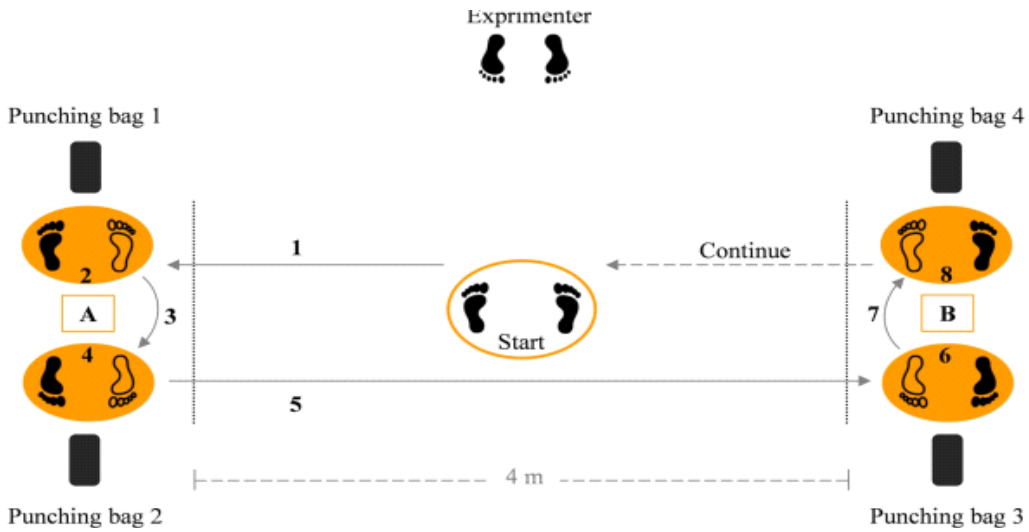

Fig. 1. TAAA.

Table 2. Winter training program for 8-week

Week	Frequency	Time	Exercise	Intensity
1-8	6 times /week	9:30-12:00	Basic fitness training Professional skills training Weight training Individual training	70-90%HRR
		14:30-17:30		
		19:30-20:30		

Table 3. Week plan of winter season training

Time / Day	9:30-12:00	14:30-17:30	19:30-20:30
Mon	Physical & Abdominal training	Skills training (Taekwondo)	Weight training
Tue		Skills training (Taekwondo)	Weight training
Wed		Sparring	Individual training
Thu		Skills training (Taekwondo)	Weight training
Fri		Sparring	Individual training
Sat		Rest	Rest

Korea)를 사용하여 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 후 분석하였다.

2.4.1. 젖산(lactate)

젖산은 분석 장비 COBAS INTEGRA 800 (Roche, CHE)을 이용하였고, lactate(Roche, CHE)시약을 이용하여 Colorimetric assay로 사전, 사후 총 2회 분석하였다.

2.4.2. 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase)

젖산탈수소효소는 UV assay 방법을 이용하였고, Qualigent ld(Sekisui, JPN)시약을 이용하여 Labospect 008AS(Hitachi Co, JPN) 장비로 사전, 사후 총 2회 분석하였다.

2.4.3. 암모니아(ammonia)

암모니아는 분석 장비 COBAS INTEGRA 800(Roche, CHE)을 이용하였고, NH3L(Roche, CHE)시약을 이용하여 Enzymatic assay로 사전, 사후 총 2회 분석하였다.

2.5. 자료처리

수집된 자료는 연구 목적에 따라 SPSS 27.0 프로그램을 이용하여 다음과 같이 분석하였다. 첫째, 측정 항목에 대한 평균(*M*)과 표준편차(*SD*)를 산출하였다. 둘째, 두 그룹의 정규분포 여부를 확인하기 위해 정규성 검정을 실시하여 Shapiro-Willk 검정을 확인하였다. 셋째, 그룹 및 시기 간 상호작용 효과검증을 위하여 two-way repeated measures ANOVA를 실시하였으며 유의한 차이가 나타난 변인에 대해서는 *t*-test를 사용하여 사후 분석을 실시하였다. 넷째, 그룹 내 시기 간 차이 검증은 paired *t*-test를 실시하였고, 그룹 간 차이 검증은 independent *t*-test를 실시하였다. 각 항목별 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 경기수행능력의 비교

3.1.1. TAAA 테스트 평균 발차기 수

TAAA 테스트 평균 발차기 수에 대한 상호작용 효과 및 시기, 그룹 간 변화를 분석한 결과는 〈Table 4〉에 나타난 바와 같다. TAAA 테스트 평균 발차기 수는 그룹×시기 간 상호작용 효과와

Table 4. Changes in counts of kicking average in TAAA test during 8-week L-arginine intake

Variable	Group	Pre	Post	*diff*(%)	*t*	*F*	
TAAA (average counts)	PG (*n*=14)	13.68 ±1.04	14.01 ±1.49	2.44	−1.590	Group	5.306*
	AG (*n*=14)	13.90 ±0.93	15.81 ±0.8	13.70	−9.475***	Time	71.631***
	t-value	.609	3.967**	5.241***		G×T	24.938***

Values are *M*±*SD*
PG: placebo group, AG: L-arginine group
TAAA: Taekwondo-specific aerobic-anaerobic-agility
*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 5. Changes in TAAA fatigue index during 8-week L-arginine intake

Variable	Group	Pre	Post	*diff*(%)	*t*	*F*	
TAAA fatigue index (%)	PG (*n*=14)	2.89 ±1.21	3.54 ±1.14	22.43	−2.156	Group	2.792
	AG (*n*=14)	2.83 ±0.96	1.81 ±0.87	−35.95	3.489***	Time	1.354
	t-value	.426	−3.432**	−3.337**		G×T	17.721**

Values are *M*±*SD*
PG: placebo group, AG: L-arginine group
TAAA: Taekwondo-specific aerobic-anaerobic-agility
**p<.01, ***p<.001

(p<.001), 시기(p<.001) 및 그룹(p<.05) 간 주효과가 나타났다. 그룹 내 시기 간 차이에서 L-아르기닌 섭취군이 유의한 차이가 나타났으며(p<.001), 그룹 간 차이는 사후(p<.01), 변화율에서 유의한 차이가 나타났다(p<.001).

3.1.2. TAAA 발차기 피로 지수

TAAA 발차기 피로 지수에 대한 상호작용 효과 및 시기, 그룹 간 변화 및 그룹 간 변화를 분석한 결과는 〈Table 5〉에 나타난 바와 같다. TAAA 발차기 피로 지수는 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다(p<.01). 그룹 내 시기 간 차이에서 L-아르기닌 섭취군이 유의한 차이가 나타났으며(p<.001), 위약군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그룹 간 차이는 사후, 변화율에서 유의한 차이가 나타났다(p<.01).

3.2. 혈중 피로물질의 비교

3.2.1. 젖산(lactate)

젖산에 대한 상호작용 효과, 시기 및 그룹 각각의 주효과 및 그룹 간 차이와 시기 간 차이에 대한 결과는 〈Table 6〉에 나타난 바와 같다. 젖산은 시기 간 주효과가 나타났다(p<.01). 그룹 내 시기 간 차이에서 위약군이 유의한 차이를 나타냈다(p<.05).

Table 6. Changes in lactate during 8-week L-arginine intake

Variable	Group	Pre	Post	*diff*(%)	*t*	*F*	
Lactate (mmol/L)	PG (*n*=14)	0.93 ±0.31	1.29 ±0.56	38.16	−2.591*	Group	1.005
	AG (*n*=14)	0.94 ±0.32	1.08 ±0.24	14.97	−1.901	Time	9.286**
	t-value	.024	−1.304	−1.426		G×T	2.107

Values are *M*± *SD*
PG: placebo group, AG: L-arginine group
*p<.05, **p<.01

Table 7. Changes in LDH during 8-week L-arginine intake

Variable	Group	Pre	Post	*diff*(%)	*t*	*F*	
LDH (U/L)	PG (*n*=14)	211.50 ±33.32	183.57 ±32.59	−13.20	4.368***	Group	.002
	AG (*n*=14)	223.14 ±31.58	171.07 ±26.50	−23.34	10.366***	Time	76.498***
	t-value	.949	−1.113	−3.024**		G×T	11.267**

Values are *M*± *SD*
PG: placebo group, AG: L-arginine group
LDH: lactate dehydrogenase
**p<.01, ***p<.001

3.2.2. 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase)

젖산탈수소효소에 대한 상호작용 효과, 시기 및 그룹 각각의 주효과 및 그룹 간 차이와 시기 간 차이에 대한 결과는 〈Table 7〉에 나타난 바와 같다. 젖산탈수소효소는 그룹×시기 간 상호작용(p<.01)과 시기 간 주 효과가 나타났다(p<.001). 그룹 내 시기 간 차이에서 L-아르기닌 섭취군과 위약군 모두 유의한 차이가 나타났다(p<.001). 그룹 간 차이는 변화율에서 유의한 차이가 나타났다(p<.01).

3.2.3. 암모니아(ammonia)

암모니아에 대한 상호작용 효과, 시기 및 그룹 각각의 주효과 및 그룹 간 차이와 시기 간 차이에 대한 결과는 〈Table 8〉에 나타난 바와 같다. 암모니아는 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다(p<.05). 그룹 내 시기 간 차이에서 L-아르기닌 섭취군이 유의한 차이가 나타났으며(p<.05), 위약군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그룹 간 차이는 변화율에서 유의한 차이가 나타났다(p<.05).

3.3. 고찰

본 연구에서 8주간 고강도 동계 훈련 시 L-아르기닌 섭취가 경기수행능력 향상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 선수들의 경기수행능력과 밀접한 상관관계가 있는 TAAA 테스트 실시 후 발차기 수와 피로 지수를 측정하였다. TAAA 테스트를 실시한 결과 발차기 수에서 L-아르기닌 섭취군의 경기수행능력이 유의하게 증가하였으며 피로 지수에서는 L-아르기닌 섭취군이 유의하게 감소하였다.

Table 8. Changes in ammonia during 8-week L-arginine intake

Variable	Group	Pre	Post	*diff*(%)	*t*	*F*	
Ammonia (μmol/L)	PG (*n*=14)	26.64 ±3.32	29.14 ±7.82	9.38	-1.377	Group	.731
	AG (*n*=14)	28.30 ±3.89	25.21 ±5.19	-10.89	2.357*	Time	.072
	t-value	1.202	-1.566	-2.383*		G×T	5.675*

Values are *M*± *SD*
PG: placebo group, AG: L-arginine group
*p<.05

태권도 선수에 관한 L-아르기닌 섭취와 경기수행능력의 관계를 규명한 선행연구가 존재하지 않아 직접적인 비교는 어렵지만, 본 연구와 유사한 운동강도 및 유·무산소성 대사를 모두 사용하는 운동 종목인 남자 축구 선수를 대상으로한 선행연구 결과와 비교해 보면 45일 동안 매일 2 g의 L-아르기닌을 섭취한 결과 VO_2max가 L-아르기닌 섭취군이 위약군에 비해 유의하게 증가하였다[21]. 마찬가지로 엘리트 레슬링 선수를 대상으로 12시간 금식 후 L-아르기닌과 위약을 각각 섭취한 후 동일한 에르고미터 테스트를 수행한 결과 L-아르기닌 섭취군이 위약군보다 탈진까지의 시간이 더 길어져 긍정적인 변화를 나타냈다[22].

본 연구의 결과에서도 L-아르기닌 섭취군의 평균 발차기 수가 증가하고 발차기 피로 지수가 감소하였는데, 이는 본 연구에서 L-아르기닌 섭취 시기를 식후 30분인 운동 시작 전에 섭취하였기 때문에 L-아르기닌 섭취 후 요로 회로(urea cycle)에서 합성된 NO가 혈관 확장을 촉진하여 혈류 순환을 개선하고 운동 중 피로와 관련된 단백질들의 이화작용으로 인해 체내 피로 유발 물질의 제거에 도움을 준 것으로 유추한다[23]. 이것은 고강도 운동 시 혈액이 농축되고 혈소판 응집 및 적혈구 침착으로 인해 혈류의 방해 및 손상이 생기는데 이때 L-아르기닌과 NO의 기전(L-arginine-NO pathway)이 고강도 운동 후 혈류의 유동성 장애를 개선한다고 보고하고 있어 NO의 역할을 유추해 볼 수 있었다[24].

이처럼 L-아르기닌 섭취는 고강도 훈련을 수행하는 남자 대학 태권도 엘리트 선수들의 경기수행능력 향상에 도움을 줄 수 있다 생각되며, 이는 경기력 저하를 예방하는 데 도움이 될 것으로 예상한다. 그러므로 높은 수준의 다양한 기술과 체력을 요구하고 공격적인 경기를 수행하기 위한 태권도 겨루기 선수들은 빠른 피로회복과 경기수행능력 향상을 위해 L-아르기닌 섭취를 지속적으로 한다면 선수들의 경기력을 극대화하는 데 도움이 될 것으로 보인다.

젖산 농도는 운동 강도와 피로도를 평가하는 중요한 지표이며 젖산의 증가는 특정 운동 강도 이상으로 강도가 증가될 때 체내에 축적되기 때문에 운동 수행 중 근육 피로와 많은 관련성이 있으며 운동수행 저하를 초래하는 주요한 물질이다[25]. 하지만 본 연구는 8주간 고강도 동계 훈련 시 L-아르기닌 섭취를 통한 젖산의 결과에서 L-아르기닌 섭취군과 위약군 모두 유의하게 증가하였으며, 선행연구에서도 유도선수들의 시즌 전 고강도 동계 훈련 실시 후 젖산의 증가가 나타난 것을 보았을 때[26] 젖산은 높은 운동 강도와 밀접한 관련이 있다고 볼 수 있다.

본 연구와 상반된 결과의 선행연구를 살펴보면 건강한 남자대학생을 대상으로 12시간 금식 후 단일 L-아르기닌 2 g, 4 g, 위약을 각각 그룹마다 1회 섭취한 후 15분간 팔굽혀펴기 테스트를 실시한 결과 젖산의 변화는 L-아르기닌 2 g을 섭취한 그룹은 유의한 차이가 없었으며 4 g을 섭취한 그룹에서 운동 후 유의하게 감소하였다[27]. 본 연구의 결과와 선행연구를 비교하였을 때, 젖산 감소가 나타나지 않은 이유로 젖산은 운동의 강도와 시간에 영향을 크게 받기 때문에 운동 강도가 증가하게 되면 젖산의 농도는 함께 증가하게 되는데[28], 본 연구는 70-90HRR%의 고강도 운동으로 하루 3 g의 L-아

르기닌 섭취는 운동 강도와 운동 시간에 비해 적은 양으로 빠른 속도의 젖산 생성을 감당할 만한 제거 능력이 부족했다고 사료된다.

또한, 본 연구에서 회복 방법으로 L-아르기닌을 섭취시켰는데 선행연구에 따르면 L-아르기닌 그룹과 L-아르기닌 및 L-아스파르트산의 복합 처치 그룹을 각각 체중당 100 mg을 섭취하였을 때 운동부하 테스트 실시 후 L-아르기닌 및 L-아스파르트산 복합 처치 그룹에서 L-아르기닌 단독섭취 그룹보다 젖산 농도가 감소하였다[29]. 이렇게 본 연구 결과와 선행연구들의 결과는 젖산 감소 효과에 있어서 L-아르기닌 단독섭취보다 복합섭취를 병행하였을 때 빠르게 피로를 제거하거나 복용량의 차이가 젖산의 축적과 생성 속도와 관련이 있음을 시사한다. 따라서 L-아르기닌 섭취량을 다르게 하고 복합섭취가 가능한 다양한 아미노산 섭취 시 대조군과 유의한 차이가 나타난 선행연구들이 있기 때문에 태권도 겨루기 선수들을 대상으로 한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

젖산탈수소효소와 젖산은 만성적으로 골격근 기능을 약화 시킬 수 있기 때문에 근육 세포막 손실 및 조직 손상의 지표로 사용되고 있다[30]. 젖산탈수소효소는 혐기성 대사 경로의 중요한 효소로 거의 모든 신체 조직에 존재하지만, 근육, 간 및 신장에 많이 존재하며[31], 고강도 운동 중 산소가 없거나 부족할 때 피루브산은 젖산탈수소효소에 의해 젖산으로 촉매 되고 피루브산은 최종적으로 젖산으로 전환되어 젖산탈수소효소에 의해 NADH가 NAD^+로 산화된다. 본 연구에서 8주간 고강도 동계 훈련 시 L-아르기닌 섭취를 통한 젖산탈수소효소의 결과를 살펴보면 L-아르기닌 섭취군과 위약군 모두 젖산이 유의하게 감소하였다.

본 연구에서 젖산탈수소효소의 감소가 나타난 결과와 선행연구를 비교해 보면 카누 선수를 대상으로 6주간 매일 아침 1 g, 점심 1 g, 저녁 1 g으로 총 3 g 아르기닌 또는 위약을 동일한 방법으로 섭취한 후 고강도 훈련프로그램을 실시한 결과 젖산탈수소효소의 변화는 L-아르기닌 섭취 그룹에서 사전보다 사후에 통계적으로 유의하게 감소하였다[2]. 본 연구가 선행연구 결과와 유사한 이유는 고강도 훈련 시 L-아르기닌 섭취를 통해 생체 내에서 운동 중 오르니틴에 의한 요소 생산을 증가시키고 피로가 분해되어, NO 합성과 시트룰린 형성에 관여하고 혈류를 개선시키기 때문에 운동으로 인한 근육 손상을 신속하게 완화시킬 수 있어 젖산탈수소효소의 감소에 긍정적인 영향을 준 것으로 사료된다[32].

8주간의 고강도 훈련으로 인한 젖산탈수소효소가 증가 될 것이라 생각되었지만, 반대로 L-아르기닌 섭취군과 위약군 모두 유의하게 감소하는 경향이 나타났다. 하지만 L-아르기닌 섭취군이 위약군에 비해 더 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났기 때문에 L-아르기닌 섭취가 젖산탈수소효소를 유의하게 억제시켜 피로물질 감소에 긍정적인 효과가 있는 것으로 생각된다. 따라서, 고강도 훈련과 경기로 인한 젖산탈수소효소의 개선을 위해 L-아르기닌 섭취를 권장할 수 있다.

암모니아는 강한 독성을 가지며 젖산과 함께 축적이 비례한 형태를 나타내지만, 장시간 운동 시 이러한 관계는 유지되지 않는다. 고강도 훈련 시 미토콘드리아의 산화량을 감소시켜 피로의 원인이 되는데 이때, 에너지원이 고갈되고 많은 양이 축적될 경우 경련, 운동실조가 유발된다[33]. 따라서 운동선수들의 피로회복을 촉진하고 원활한 운동기능을 위해 혈중 암모니아의 감소는 빠른 회복으로 선수들의 경기력을 위한 전략이 될 수 있다.

본 연구에서 8주간 L-아르기닌 섭취 시 암모니아의 결과를 살펴본 결과 L-아르기닌 섭취군이 암모니아 감소가 나타난 결과와 선행연구를 비교해 보면 고교 남자 축구 선수를 대상으로 2주 동안 L-아르기닌 그룹은 매일 5 g을 섭취하였고, GPLC (glycine pro-pionyl L-cartinine) 그룹은 매일 4.5 g을 각각 섭취한 후 축구 경기와 유사한 Yo-Yo 간헐적 회복 테스트를 실시하였을 때 암모니아의 변화는 GPLC 그룹보다 L-아르기닌 그룹에서 유의하게 감소하였다[34]. 본 연구와 선행연구의 유사한 결과가 나타난 이유는 장시간 운동 시 글리코겐 고갈로 인해 운동지속 시간에 영향을 받고 혈액과 근육 내 젖산 농도가 증가하게 되는 것처럼 젖산 농도와 비슷하게 발생 되는 암모니아는 근 피로의 원인이 된다[35]. 하지만 L-아르기닌 섭취를 통해 근육에 산소와 영양소를 더 많이 전달하도록 유도하고 대사 폐기물 제거 속도를 높여 결과적으로 피로를 지연시킬 수 있었다고 생각된다[34]. 또한, NO 생성과 암모니아 해독 및 성장호르몬 분비가 향상되어 운동 중 근육에 영양분과 산소 전달을 향상시키고[37], 근 피로 유발 물질인 젖산과 암모니아의 축적을 제거하여 경기수행능력을 향상을 기대할 수 있었다[32].

이를 종합 해볼 때, 선수들의 회복을 위해 3 g의 L-아르기닌 섭취는 암모니아 감소에 영향을 미친 것으로 생각되며, 고강도 훈련 시 암모니아 축적을

신속하게 제거할 수 있었기 때문에 신체 내 독성이 감소되어 피로회복에 긍정적인 결과를 가져온 것이라 사료된다.

4. 결 론

8주간의 고강도 동계 훈련 시 L-아르기닌 섭취가 남자 대학 태권도 겨루기 선수의 경기수행능력(평균 발차기 수 및 발차기 피로지수)이 향상되고, 젖산탈수소효소 및 암모니아가 유의하게 감소하는 효과가 나타났기 때문에 고강도 훈련을 통해 피로에 쉽게 노출되는 선수들에게 L-아르기닌 섭취는 체내 피로물질 유발 물질을 신속하게 제거하는 데 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 본 연구의 결과를 토대로 남자 대학 태권도 겨루기 선수들에게 하루 3 g의 규칙적인 L-아르기닌 섭취는 고강도 훈련 시 운동선수들에게 경기력 향상과 더불어 컨디션 관리를 위해 적정량인 것을 확인할 수 있었고 피로 회복에 효과적인 보조제임을 알 수 있었다. 따라서 고강도 엘리트 운동선수의 경기수행능력 향상과 피로 회복 방법으로 L-아르기닌 섭취를 적극 권장한다.

References

1. Korea Taekwondo Association. *The game role of Taekwondo.* pp. 1-88, Korea Taekwondo Association, (2023).
2. J. H. Jung, E. B. Kang, C. H. Kim, "Effects of l-arginine supplementation with high-intensity training on muscle damage and fatigue index and athletic performance in Canoe Athletes", *Journal of the Korean Oil Chemists' Society,* Vol.36, No.3 pp. 942-953, (2019).
3. A. Gogojewicz, E. Śliwicka, Durkalec-Michalski, "Assessment of Dietary Intake and Nutritional Status in CrossFit-Trained Individuals: A Descriptive Study", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol.17, No.13 p.4772, (2020).
4. B. G. Yoon, "The Review of Metabolic Acidosis During Exercise", *Journal of the Korean Oil Chemists' Society,* Vol.35, No.4 pp. 1433-1441, (2018).
5. H. T. Kwon, D. Y. Kim, B. R. Han, S. T. Lim, E. J. Lee, "Effect of Neuromuscular Electrical Stimulation on Lactate Removal After High Intensity Exercise in Elite Handball Players", *The Korean Journal of Sport*, Vol.17, No.4 pp.1579-1588, (2019).
6. A. A. Khan, K. S. Allemailem, F. A. Alhumaydhi, S. J. Gowder, A. H. Rahmani, "The Biochemical and Clinical Perspectives of Lactate Dehydrogenase: An Enzyme of Active Metabolism", *Endocrine, Metabolic and Immune Disorders-Drug Targets(Formerly Current Drug Targets-Immune, Endocrine and Metabolic Disorders)*, Vol.20, No.6 pp. 855-868, (2022).
7. E. S. Han, Y. H. Seo, "Effects of Amino Acid Intake on Lactic Acid and Physical Fitness in Adult Men with Corss-fit Exercise", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.25, No.4 pp. 405-408, (2017).
8. J. E. Kim, S. M. Ha, D. Y. Kim, "Effects of Stretching after Taekwondo Competition on Male College Elite Taekwondo Athletes' Blood Fatigue Factors", *Journal of Korean Leisure Sciences*, Vol.9, No.1 pp. 35-42, (2018).
9. J. G. Lee, S. H. Lee, "Effects of Aspirin Intake on Vascular Compliance and Factigue Factors in Taekwondo Players", *Journal of the World Society of Taekwondo Culture,* Vol.11, No.1 pp. 171-184, (2020).
10. N. Y. Lee, T. Y. Kwon, "Effects of Self-management on the Nutrition Quotient (NQ)of College Athletes", *Korean Journal of Community Living Science*, Vol.31, No.1 pp. 37-50, (2020).
11. N. J. Lee, "A Review of Magnesium, Iron, and Zinc Supplementation Effects on Athletic Performance", *The Korean Journal of Physical Education,* Vol.56, No.1 pp. 797-806, (2017).

12. H. J. Choi, H. C. Cho, "A Study on Use for Nutritional Supplements and Doping Perception of Elite Archery Players", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology,* Vol.8, No.6 pp. 705-716, (2018).
13. D. D. Church, K. R. Hirsch, S. Park, I. Y. Kim, J. A. Gwin, S. M. Pasiakos, R. R. Wolfe, A. A. Ferrando, "Essential Amino Acids and Protein Synthesis: Insights into Maximizing the Muscle and Whole-body Response to Feeding", *Nutrients*, Vol.12, No.12 pp. 3717, (2020).
14. T. Suzuki, M. Morita, T. Hayashi, A. Kamimura, "The Effects on Plasma L-arginine Levels of Combined Oral L-Citrulline and L-arginine Supplementation in Healthy Males", *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, Vol.81, No.2 pp. 372-375, (2017).
15. S. H. Park, Y. K. Yang, "The Effect of Arginine Administration on Blood Lipid and Cardioactive Capacity in Obese Women", *The Journal of Korean Aerobic Exercise, Vol.*16, No.1 pp. 19-28, (2018).
16. G. Wu, C. J. Meininger, C. J., McNeal, F. W. Bazer, J. M. Rhoads, "Role of L-Arginine in Nitric Oxide Synthesis and Health in Humans", *In Amino Acids in Nutrition and Health*, pp. 167-187, (2021).
17. R. Domínguez, E. Cuenca, J. Mate-Muñoz, P. García-Fernandez, N. Serra-Pava, M. C. L. Estevan, P. V. Herreros, M. V. Garnacho-Castaño, "Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes", *Nutrients*, Vol.9, No.1 pp. 43, (2017).
18. Q. Liu, D. S. Roh, H. C. Cho "Effects of Amount of Spirulina Supplements on Aerobic Power and Lipid Profile in Soccer Players", *Journal of Korean Society Living Environment*, Vo.26, No.4 pp. 564-572, (2019).
19. A. Viribay, J. Burgos, J. Fernandez-Landa, J. Seco-Calvo, J. Mielgo-Ayuso, "Effects of Arginine Supplementation on Athletic Performance Based on Energy Metabolism: A Systematic Review and Meta-Analysis", *Nutrients*, Vol.12, No.5 pp. 1300, (2020).
20. B. Taati, H. Arazi, C. A. Bridge, E. Franchini, "A New Taekwondo-specific Field Test for Estimating Aerobic power, Anaerobic Fitness, and Agility Performance", *Plos One*, Vol.17, No.3 e0264910, (2022).
21. N. Pahlavani, M. H. Entezari, M. Nasiri, A. Miri, M. Rezaie, M. Bagheri-Bidakhavidi, O. Sadeghi, "The Effect of L-Arginine Supplementation on Body Composition and Performance in Male Athletes: A Double-blinded Randomized Clinical Trial", *European Journal of Clinical Nutrition*, Vol.71, No.4 pp. 544-548, (2017).
22. H. U. Yavuz, H. Turnagol, A. H. Demirel, "Pre-exercise Arginine Supplementation Increases Time to Exhaustion in Elite Male Wrestlers", *Biology of Sport*, Vol.31, No.3 pp. 187-191, (2014).
23. O. N. U. R. Oral, "Nitric Oxide and its role in exercise physiology", *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Vol.61, No.9 pp. 1208-1211, (2021).
24. H. Namba, H. Hamada, T. Kimura, K. Sekikawa, N. Kamikawa, H. Ishio-Ueoka, T. Kajiwara, Y. M. Sato, F. Aizawa, T. Yoshida, "Effects of L-arginine on Impaired Blood Fluidity after High-Intensity Exercise: An in vitro Evaluation", *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, Vol.82, No.1 pp. 1-12, (2022).
25. K. E. Mun, M. Y. Jang, "The change of Heart Rate, Blood Lactate, Blood Pressure and MVO_2 Elite Taekwondo Athletes during Taekwondo Competition", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.30, No.1 pp. 23-29, (2022).
26. S. H. Yang, "The Influence of Judo Masters' Pre-season Winter Hard-Training on Fatigue Substance, Muscle Injury

Marker and Inflammation Markers", *Age*, Vol.22 pp. 2-12, (2015).
27. M. Feeback, B. Reitsma, "Hemodynamic and Lactate Response to Exhaustive Exercise with L-Arginine Supplementation", *Journal of Exercise and Nutrition*, Vol.5, No.1 pp. 1-9, (2022).
28. Y. K. Song, J. Y. Jeon, S. H. Suh, "Understanding of Lactate", *Korean Journal of Sport Science*, Vol.28, No.1 pp. 1-10, (2017).
29. S. S. Joung, S. K. Choi, "The Effects of Administration of L-Arginine and L-Aspartate on Energy Substrate Utilization and Endurance Performance during Exercise", *The Korea Journal of Sports Science,* Vol.27, No.5 pp. 1591-1604, (2018).
30. S. H. Lee, E. J. Pekas, S. Lee, R. J. Headid, S. Y. Park, "The Impact of Aspirin Intake on Lactate Dehydrogenase, Arterial Stiffness, and Oxidative Stress during High-Intensity Exercise: A Pilot Study", *Journal of Human Kinetics*, Vol.72, No.1 pp. 101-113, (2020).
31. Farhana A, Lappin, SL. *Biochemistry, lactate dehydrogenase.* StatPearls Publishing, (2022).
32. A. Hiratsu, Y. Tataka, S. Namura, C. Nagayama, Y. Hamada, M. Miyashita, "The Effects of Acute and Chronic Oral L-Arginine Supplementation on Exercise-induced Ammonia Accumulation and Exercise Performance in Healthy Young Men: A Randomized, Double-blind, Cross-over, Placebo-controlled Trial", *Journal of Exercise Science and Fitness*, Vol.20, No.2 pp. 140-147, (2022).
33. S. H Park, S. M. Ha, M. S. Ha, Y. H. Baek, "Effects of Cornus Officinalis Extract on Blood Fatigue Substance, Muscle Damage and Liver Function during Winter Training in Middle School Male Soccer Players", *Journal of the Korean Oil Chemists' Society*, Vol.34, No.4 pp. 827-838, (2017).
34. S. H. Yang, H. K. Kwon, Y. S. Kwak, "The Effects of L-arginine and GPLC Supplementation on Plasma Nitric Oxide, Energy Substrates and Fatigue Factors in High School Football Players", *Exercise Science*, Vol.24, No.3 pp. 233-242, (2015).
35. Y. K Jeon, "The Effect of Ice Slurry Ingestion Treatment on Muscle Damage Index in High Intensity Exercise", *Korean society for Wellness*, Vol.15, No.3 pp. 565-573, (2020).
36. S. Hadi, M. Miryan, D. Soleimani, R. Amani, M. Mazaheri Tehrani, V. Hadi, M. E. Zali, G. Askari, "The Effect of Food Ration Bar Enriched with β-Alanine, L-Arginine and Nigella Sativa on Performance and Inflammation Following Intense Military Training: A Double-blind Randomized Clinical", *Food Science and Nutrition*, Vol.9, No.7 pp. 3512-3520, (2021).
37. K. Takeda, T. Takemasa, "An Overview of Ornithine, Arginine, and Citrulline in Exercise and Sports Nutrition", *Nutrition and Enhanced Sports Performance*, pp. 627-636, (2019).