

# 유도선수들의 시즌 전 고강도 동계훈련이 피로물질, 근 손상지표 및 염증지표에 미치는 영향

양상훈<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>세한대학교

Sang-Hoon Yang (2015). The influence of judo masters' pre-season winter hard-training on fatigue substance, muscle injury marker and inflammation markers. *Exercise Science*, 24(1): 39-47.

**PURPOSE:** The purpose of this study was to determine effects of pre-season, high-intensity winter training on fatigue substances (lactic acid, ammonia), muscle injury marker (LDH, CK), and inflammation marker (CPK, CRP) in male judo players.

**METHODS:** This study was performed with low-intensity training for 60 minutes once a day, uniform training for 120 minutes, and high-intensity training for 90 minutes once a day, weight training with resistance exercise for 90 minutes, another uniform training for 150 minutes, pulling the tube elasticity exercise for 60 minutes, and etc. ten male judo professional players with 5 years or greater of Judo experience, which of them was one of the winners of national-wide championship.

**RESULTS:** There was no difference in lactic acid after low- and high-intensity exercise, but ammonia significantly decreased ( $p<.05$ ) after high intensity exercise. LDH significantly increased ( $p<.05$ ) after the high intensive training, but CK significantly decrease ( $p<.05$ ) after the training. CPK did not change after the low- and high-intensity exercises, but CRP significantly decrease ( $p<.05$ ) after the low-intensity exercise, but it remained unchanged after the high-intensity exercise.

**CONCLUSIONS:** It is speculative that muscle injury may occur due to accumulation of fatigue if the high-intensity training is continuously performed without an enough break or/and nutritional intake. It can be thought that the decrease of physical defense function may cause inflammation. Therefore, it is needed to study correlations between fatigue substances and related electrolytes. Additionally it is critical to study blood changes based on time intervals of measurements before, during, after the high-intensity training, and a period of recovery.

**Key words:** fatigue substance, LDH, CK, CPK, CRP

**주요어:** 피로물질, LDH, CK, CPK, CRP

## I. 서론

투기종목인 유도에는 육체적, 정신적인 잠재력을 이용하여 복잡하고도 전술적인 동작으로 상대방의 저항을 이겨내고 제압하여야 한다 [15]. 이러한 저항성 운동은 폭발적인 힘이나 순간적인 파워를 요구하는 선수들에게 있어 매우 중요하며, 근력을 증강시킬 뿐만 아니라 적절한 신체구성을 유지하게 해준다 [11]. 이처럼 시즌 전 훈련은 고강도의 신체적 훈련과 기술 훈련을 포함하고, 고강도 훈련은 선수들의 근력과 무산소성 파워 등 유도 전문기술을 구사하는데 영향을 주게 된다 [48].

하지만 격렬한 저항성 운동 시 근육에서 허혈-재관류 및 호중구에서 산화 폭발(oxidative bursts)을 통해 생성된 활성산소

(free radical)는 근 피로와 운동으로 유발된 근육 손상에 중요한 요인으로 작용한다 [30,47]. 이러한 운동 시 신체가 받는 운동부하와 생리적인 변화를 평가하기 위한 피로물질로 혈중젖산(blood lactic acid)과 암모니아(ammonia)는 에너지 대사 과정을 바탕으로 생리적인 운동능력, 피로양상 분석 지표 [23], 에너지 대사 과정 중 ATP-PC 시스템의 동원 능력을 나타내주는 지표로써 선수들의 경기력 향상, 트레이닝 효과 분석, 과도한 트레이닝 정도 및 운동의 강도조절의 기준치 [20]로 이용되고 있다. 또한 근 피로도도 인한 근 손상을 반영하는 직접적인 생화학적 지표로 CK(creatine kinase), LDH(lactate dehydrogenase) 등이 보고되었는데, 이들은 비혈장 특이성효소로 일반적으로 조직에서 활성도가 높은 반면 혈중에서는 낮은 수준을 나타낸다.

그러나 세포내 ATP 및 대사물질 감소, 근섬유 손상, 카테콜라민의 혈관 수축에 따른 동맥압 상승에 따른 세포막 투과성 증가 등으로 혈중 활성도가 높아진다. 이에 운동자극에 의한 근 손상의 지표로 이용되었다 [4].

고강도의 훈련과 관련하여 혈장 CK는 운동의 강도나 시간, 훈련의 양과 밀접하게 관련하고 있기 때문에 혈장 효소 중에서 운동 시 제일 많이 측정되는 효소 중 하나이고, 혈중 CK 및 CK-MB(creatine kinase myocardial band) 농도의 상승은 과도한 운동으로 인한 근섬유의 손상에 기인하며, 혈중 LDH 농도는 격렬한 운동 직후 증가를 보이지만 비교적 빨리 안정 시로 회복되는 경향을 나타낸다 [33]. 또한 격렬한 운동으로 인해 근 손상은 국소적 통증(soreness)과 함께 근 부종으로 인한 관절의 가동범위의 제한 그리고 근력의 저하를 일으킬 수 있다. 이런 근 손상으로 인한 근 통증은 운동 후 1-2일에 가장 심하며 손상 정도에 따라 최대 6개월까지 그 상태가 지속될 수 있고 근력 저하 역시 상당기간 지속된다 [4].

이렇듯 운동 강도 및 지속시간에 의한 산소공급의 활성화 여부에 따라서 체내 젖산농도의 증가양상에 영향을 미치고 [55], 근 글리코겐을 고갈시킬 정도의 장시간 운동 중에는 암모니아 농도가 증가하며 [58], 고강도 운동을 반복할 경우 CK 및 LDH 활성이 높아지는 등 조직손상 가능성이 높아지기 때문에 충분한 휴식이 중요하다고 하였다 [7].

이와 같은 보고들은 유도선수들이 행하는 반복적인 격렬한 고강도 훈련이 부상 및 선수들의 건강에 해로운 영향을 줄 가능성을 시사하고 있으며, 근 피로도도 인해 조직손상을 유발하여 CK, LDH 활성에 변화를 유발할 가능성이 보고되고 있다 [10]. 하지만 국내 유도선수들의 고강도 훈련에 따른 피로물질의 변화와 근 손상 지표의 변화를 연구한 내용을 찾아보기 어려운 실정이다.

또한, 고강도 운동으로 인한 근육의 손상정도를 혈액으로 평가 할 수 있는 염증지표로 CPK(creatine phosphokinase), CRP(C-reactive protein)를 사용하고 있다 [2]. CPK는 비혈장 특이성 효소로 근육대사보다 근육 손상과 근육 염증반응에 많은 영향을 미치며 고강도 운동 후 근육 손상이 증가할수록 CPK의 농도는 비례적으로 증가한다고 하였다 [45]. CRP는 감염이나 부상을 당했을 때, 체내에서 분비되는 단백질로서 감염을 발생시키는 혈중 CRP 농도가 순간적으로 증가하면서 면역체계가 활동을 시작하게 된다. 이러한 염증의 판정결과 및 예후 판정에 CRP는 대단히 중요한 역할을 차지하는데, 혈액응고, 섬유화, 혈소판 응집과 점성 등에 영향을 줄 가능성이 있다 [59].

이러한 염증지표는 높은 강도의 최대하운동 실시 후 CRP가 유의하게 증가하였고 [54], 운동 강도  $\dot{V}O_2max$ 의 40%, 60%, 80%에

서 200 kcal, 400 kcal, 600 kcal 에너지 소모하는 시점까지 트레드 밀 운동을 실시한 결과 CPK에서 모두 유의하게 높게 나타났다고 보고하여 운동 강도와 운동량에 따라 CPK 농도는 변화한다고 하였다 [60]. 하지만 Wannamethee et al [59]은 규칙적인 운동을 실시한 결과 항염증 효과가 나타나 CRP가 낮아졌음을 알 수 있었으며, 이러한 결과를 통해 운동량의 상승이 염증이 낮아진다는 것과 관련이 있다고 강조하여 더 많은 연구가 필요할 것이다.

이러한 정보는 결과적으로 혈중 CPK 및 CRP 농도의 상승은 과도한 운동으로 인한 근섬유의 손상에 기인하고 이는 근육통 및 근 피로와 관련이 있으며, 이로 인해 선수생명의 지장과 경기력의 저하를 초래 할 수 있을 것이다. 이렇듯 정신적이나 육체적으로 강도 높은 훈련을 하는 투기종목 선수들에게 있어 부상 예방 및 회복과 인체에 해를 주지 않고 경기수행에도 영향을 주지 않는 범위 내에서 훈련하는 것이 바람직 해 보이며, 지도자는 선수들에게 효율성 있는 운동프로그램을 제시 할 필요가 있다. 선행연구의 대부분이 달리기를 통한 지구성 운동의 고강도 훈련이 연구되어 왔으며, 투기종목 선수들의 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 시합을 앞둔 남자 유도선수를 대상으로 시즌 전 고강도 동계훈련을 통해 피로물질, 근 손상지표와 염증 지표에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 S 대학에 재학하고 있는 운동경력 5년 이상의 전국 대회에 입상경험이 있는 우수한 남자유도선수들 10명을 대상으로 실험 전 피험자들에게 연구의 목적과 내용을 자세하게 설명하고 동의를 얻었으며, 피험자 선택 시 문진 검사를 실시하여 고혈압, 심장 기능이상 등과 같은 질병이 있는지를 확인하여 이상이 없는 대상자를 선정하였다. 변인들을 최소화하기 위하여 비슷한 연령대와 체급의 학생들로 구성하고 피험자들은 실험 전 타당성 있는 실험 결과를 얻기 위하여 건강 보조식품, 약물 복용, 음주, 흡연을 금하도록 하였다. 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects (M±SD)

Variables	Exercise (n=10)
Age (yrs)	22.31±2.12
Height (cm)	168.00±2.77
Weight (kg)	80.45±7.21
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.75±1.13
career (yrs)	6.41±3.54

## 2. 실험 방법

본 연구는 동일한 환경과 조건을 위하여 실험기간 동안 합숙 훈련을 실시하였다. 현재 대학교 유도선수들이 시즌을 마친 후 실시하고 있는 훈련을 저강도 운동으로 하였고, 대회준비를 위해 시즌 전 강도 높은 동계훈련을 고강도 운동으로 하였다. 저강도 운동은 1일 체력운동(60분), 도복운동(120분)으로 실시하였고, 고강도 운동은 유도 국가대표 선수들이 국제대회에 맞춰 실시하는 운동 프로그램을 참고로 시즌기간을 앞둔 동계훈련에 맞춰 1일 체력운동(90분), 저항운동인 웨이트 트레이닝(90분), 도복운동(150분), 탄성운동인 튜브당기기(60분) 등을 병행 하였다. 시즌이 끝난 후 저강도 운동을 6주 실시하였으며, 저강도 운동의 실험이 끝난 후 선수들은 2주간의 휴식을 취하였다. 시즌 전 고강도 훈련은 대회기간에 맞춰 6주 동안 실험을 실시하였다. 운동기간 동안 술과 담배를 삼가도록 하였으며, 영양섭취는 운동부 기숙사의 영양사가 제공하는 식단표대로 음식을 섭취하도록 권장하였다. 토요일은 도복운동만 실시하였고, 일요일엔 충분히 휴식하도록 하였다. 저·고강도 훈련의 1일 운동 프로그램은 <Table 2>와 같다.

## 3. 혈액 채혈 및 분석

혈액 채혈은 운동 당일 오전 9시 30분~10시에 12시간의 공복 상태에서 안정을 취하게 한 후 주사기를 이용하여 전완정맥으로

부터 15 cc를 채혈을 하였으며, 사후검사는 6주 훈련이 끝난 후 다음날 오전 9시 30분~10시에 동일한 방법으로 채혈하였다. 수집된 채혈은 3000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상층액을 수집하여 S임상 실험센터에 분석을 의뢰 하였다.

피로물질인 혈중 젖산과 암모니아는 분석장비 COBAS INTEGRA 800(Roche, Switzerland)을 사용하였으며, 젖산은 시약 Lactate 2 generation(Roche, Switzerland)을 이용하여 측정하였고, 암모니아는 시약 NH3L(Roche, Switzerland)을 이용하여 측정하였다. 근 손상지표인 혈중 LDH와 CK는 분석장비 ADVIA 1650 (Bayer, USA)을 사용하였으며, LDH는 시약 LD(P-L, Bayer, USA)를 이용하여 측정하였고, CK는 시약 Creatine kinase reagents(Bayer, USA)를 이용하여 측정하였다. CPK는 분석장비 ADVIA 1650 (Bayer, USA)을 사용하였으며, 시약은 CPK(Roche-BM, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. CRP의 분석장비는 HITACHI 7180 (Hitachi, JAPAN) 자동 생화학 분석기를 사용하였으며, 시약은 C-Reactive protein(Denka Seiken, Japan)을 이용하여 측정하였다. 분석방법은 Immunoturbidometry 방법을 사용하였다.

## 4. 자료처리 방법

본 연구에 측정된 자료는 SPSS win 18.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며, 모든 결과는 평균(M)과 표준오차(SD)를 산출하였다. 운동 강도에 따른 시기와 그룹간 차이를 검증하기 위하여 반복 측정하는 이원변량분석(two-way repeated meas-

Table 2. Low-intensity and high-intensity exercise training program one day

process (time)	low-intensity exercise form	min	process (time)	high-intensity exercise form	min
dawn exercise (06:30 ~07:30)	warm-up (stretching)	10	dawn exercise (06:30 ~07:30)	warm-up (stretching)	10
	4 km jogging	25		6 km jogging	45
	secondary movement (horses, run arms)	10		secondary movement (horses, run arms)	15
	push-up 100 times	10		push-up 100 times	15
	cool down (stretching)	5		cool down (stretching)	5
morning exercise (10:30 ~12:00)	break time		morning exercise (10:30 ~12:00)	warm-up (stretching)	10
				bench press 12 times × 5set	15
				squat 12 times × 5set	15
				sit-up 50 times × 5set	15
			dumbbell press 12 times (left, right) × 5 set	15	
			barbell curl 10 times × 5 set	15	
			cool down (stretching)	5	
afternoon exercise (15:00 ~17:00)	warm-up (stretching)	15	afternoon exercise (15:00 ~17:00)	warm-up (stretching)	15
	2 people practice	15		2 people practice	15
	KATAME-WAZA free practice (5 min × 5 set)	25		KATAME-WAZA free practice (5 min × 5 set)	25
	NAGE-WAZA free practice (5 min × 8 set)	40		NAGE-WAZA free practice (6 min × 10 set)	60
	NAGE-WAZA (10 times × 1 set)	5		NAGE-WAZA (10 times × 2 set)	10
	NAGE-WAZA study	5		NAGE-WAZA study	10
	push-up 100 times	10		push-up 100 times	10
	cool down (stretching)	5		cool down (stretching)	5
night exercise (20:00 ~21:00)	break time		night exercise (20:00 ~21:00)	warm-up (stretching)	5
				Pull forward (50 times × 5 set)	10
				Hold bend pluck (30 times × 7 set)	15
				SEOI-NAGE Pulling (20 times × 5 set)	15
			push-up 100 times	10	
			cool down (stretching)	5	

ures ANOVA)을 실시하였으며, 상호작용효과 및 통계적으로 유의한 결과에 대해서는 독립표본 *t*-test와 대응표본 *t*-test를 실시하였다. 통계적 유의 수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 피로물질의 변화

피로물질의 변화는 <Table 3>과 같다. 젖산의 경우 저·고강도 운동 후 그룹간 시기에 따른 유의한 상호작용은 나타나지 않았지만 고강도 운동 후 증가하는 경향을 보였다. 암모니아의 경우 고강도 운동 후 시기( $F=8.330$ ), 시기와 그룹간의 상호작용( $F=10.732$ )에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 이에 따른 사후분석 결과, 고강도운동 사후시점에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다( $p<.05$ ).

#### 2. 근 손상지표의 변화

근 손상 지표의 변화는 <Table 4>와 같다. LDH의 경우 고강도 운동 후 시기( $F=10.313$ ), 시기와 그룹간의 상호작용( $F=8.708$ )에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 이에 따른 사후

분석 결과, 고강도 운동 사후시점에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났다( $p<.05$ ). CK의 경우 고강도 운동 후 그룹간의 상호작용( $F=6.719$ )에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이에 따른 사후분석 결과, 고강도 운동 사후시점에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다( $p<.05$ ).

#### 3. 염증지표의 변화

염증지표의 변화는 <Table 5>와 같다. CPK의 경우 저·고강도 운동 후 그룹간 시기에 따른 유의한 상호작용은 나타나지 않았지만 고강도 운동 후 증가하는 경향을 보였다. CRP의 경우 저강도 운동 후 시기( $F=8.573$ ), 시기와 그룹간의 상호작용( $F=11.522$ )에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 이에 따른 사후분석 결과, 저강도 운동 사후시점에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다( $p<.05$ ).

### IV. 논의

#### 1. 피로물질의 변화

젖산은 일반적으로 운동 수행을 방해하는 주요한 물질이며,

Table 3. The changes of fatigue substance during exercise

Variables	Group	Pre	Post	F-value	<i>p</i>	
lactic acid (mg/dl)	low-intensity	11.36±3.44	9.24±1.99	Time	1.461	.117
	high-intensity	8.71±2.74	10.01±3.87	Group	.167	.630
				Time × Group	2.080	.085
ammonia (ug/dl)	low-intensity	67.36±9.70	58.18±9.67	Time	8.330	.011*
	high-intensity	79.08±20.11	45.84±8.20 <sup>#</sup>	Group	4.563	.145
				Time × Group	10.732	.002

Values are meas±SD, <sup>#</sup> $p<.05$  vs Pre, \* $p<.05$

Table 4. The changes of muscle injury marker during exercise

Variables	Group	Pre	Post	F-value	<i>p</i>	
LDH (IU/l)	low-intensity	231.21±29.11	254.67±43.42	Time	10.313	.004*
	high-intensity	260.27±48.39	297.40±44.72 <sup>#,+</sup>	Group	1.564	.116
				Time × Group	8.708	.032
CK (IU/l)	low-intensity	221.89±83.48	210.60±89.80	Time	4.698	.093
	high-intensity	234.10±71.94	191.02±31.53 <sup>#</sup>	Group	.980	.428
				Time × Group	6.719	.047

Values are meas±SD, <sup>#</sup> $p<.05$  vs Pre, <sup>+</sup> $p<.05$  in high vs low, \* $p<.05$

Table 5. The changes of inflammatory markers during exercise

Variables	Group	Pre	Post	F-value	<i>p</i>	
CPK (IU/l)	low-intensity	121.57±2.24	119.45±1.80	Time	4.033	.414
	high-intensity	118.10±1.77	127.09±2.87	Group	.985	.450
				Time × Group	3.775	.174
CRP (mg/dl)	low-intensity	.31±.17	.17±.18 <sup>#</sup>	Time	8.573	.041*
	high-intensity	.29±.03	.32±.126	Group	9.098	.135
				Time × Group	11.522	.007

Values are meas±SD, <sup>#</sup> $p<.05$  vs Pre, \* $p<.05$

운동 강도 및 지속시간에 의한 산소공급의 활성화 여부에 따라서 체내 젖산농도의 증가양상에 영향을 미치게 된다 [55]. Lee et al [32]은 4주간의 강도 높은 유도 트레이닝 프로그램을 실시한 후 젖산 농도를 측정한 결과 유의하게 증가한다고 하였으며, 여자 유도선수를 대상으로 무산소성 운동과 유도 경기 직후 젖산 농도는 유의하게 높게 나타났다고 하였다 [26]. 이에 반면, So [52]는 태권도 선수를 대상으로 유·무산소성 운동을 병행하여 실시 후 젖산 농도를 측정한 결과 유의하게 감소하였다고 보고하여 상반된 연구결과도 나타나고 있다. 하지만 본 연구에서의 젖산 농도는 저·고강도 운동 후 약간의 차이는 있었으나 유의한 차이는 나타나지 않았다. Cho et al [8]은 레슬링 선수를 대상으로 동계훈련에 따른 피로내성 중 젖산의 변화결과 4주까지는 시합 전에 비하여 차이를 나타내지 못하였다고 보고하여 본 연구와 일치하였다. 이러한 결과는 장기간의 트레이닝을 한 선수들은 단시간 고강도 운동을 한 직후에 글루코스나 글리코겐의 이용능력과 젖산 축적에 대한 내성이 트레이닝을 하지 않는 선수들보다 높다고 보고 하였듯이 [56] 본 대상자들은 운동경력이 6년 이상인걸 감안했을 때 젖산시스템의 이용률이 우수한 것으로 생각되어지며, 선수들의 영양학적인 음식 섭취와 충분한 휴식도 기인했을 것으로 판단된다. 하지만 장기적인 고강도 훈련은 체내 글루코스, 글리코겐의 이용률의 변화 때문에 젖산이 증가 한다고 하여 [8] 장기적이고 강도 높은 훈련 시에는 충분한 휴식과 적절한 영양섭취가 병행되어 실시해야 할 것이다.

운동수행 시 암모니아 농도 변화는 아미노산 농도의 변화와 함께 에너지원의 저장상태, 동원양상 등과 관련성을 가지며 운동유형에 따라서 차이가 있으며 근 글리코겐을 고갈시킬 정도의 장시간 운동 중에는 암모니아 농도가 상당히 증가한다고 보고하고 있다 [50,58]. 훈련된 15명의 남자 달리기 선수들을 대상으로 강도 높은 운동을 시킨 결과 혈중 암모니아의 수준이 70% 증가하였고 [6], 근대 5종 선수와 장거리 운동선수들도 운동 후 암모니아 농도가 증가하였다고 보고하였다 [9]. 하지만 본 연구에서는 고강도 운동 후 유의하게 감소하는 것으로 나타나 상반된 결과를 보였다. 반면, 태권도 선수를 대상으로 동계훈련 4주와 8주의 고강도 운동 후 암모니아 농도가 감소하였다고 보고하여 [27] 본 연구와 일치하였다. 이러한 현상은 정확하게 규명하기는 어렵지만 운동으로 인해 근육이 수축하기 위한 에너지는 ATP가 ADP와 Pi로 가수 분해되면서 즉시 동원되고, 근 세포내의 이용 가능한 ATP의 총 양은 극히 제한적이며, 5~10초 이상 운동이 지속될 경우에는 이용된 비율만큼 ATP 재합성이 이루어진다. ATP의 재합성율은 아데닌 뉴클레오타이드(adenine nucleotide)의 유리농도에 의해 조절되는 것으로 알려져 있다

[42]. 또한 근 수축으로 인해 아데닌 뉴클레오타이드 양이 감소되며, IMP는 AMP의 탈 아미노 작용으로 인해 증가한다. 이러한 현상은 AMP의 탈 아미노 작용으로 인한 IMP와 암모니아 생성을 가져오게 된다. 이렇듯 혈중 암모니아는 AMP의 탈 아미노 작용에 의해 크게 영향을 받는다. 따라서 본 연구의 대상자들은 서로 상대를 맞잡고 메치는 강한 힘을 필요로 하는 유도선수들로서 무산소성 에너지원의 이용과 함께 지근 섬유에서보다 속근 섬유에서의 에너지 동원 능력을 요구하는데 ATP의 빠른 보충과 상대적으로 낮은 ADP와 AMP의 축적, 그리고 높은 포스포크레이틴(phosphocreatine)의 축적과 낮은 Pi 등이 Feedback으로 적용되어 짧은 기간 동안에 전반적인 암모니아의 감소현상을 나타낸 것으로 생각된다. 또한 Kim [27]에 의하면 태권도 선수들을 대상으로 동계훈련 중 변화되는 암모니아 변화 연구보고에서 AMP의 탈 아미노 작용의 경우 영양섭취에 직접적으로 관련성을 가지기 때문에 영양섭취량이 증가하는 동계훈련 시기에 훈련량이 증가되더라도 암모니아 생성은 높지 않으나 영양섭취의 감소는 암모니아 생성에 부정적 영향을 미칠 수 있다고 보고하여 본 연구의 암모니아 감소는 선수들의 영양섭취도 기인한 것으로 사료된다.

## 2. 근 손상지표의 변화

LDH는 해당과정의 산화환원효소로 젖산의 형성과 전환을 조절하고 초성포도산을 환원하여 젖산 생성에 기여하며[37], 운동으로 인한 LDH의 활성화 증가는 근육부상의 정도를 판단하는 기준으로 사용될 수 있다 [31]. Hur [18]는 태권도 선수를 대상으로 4주간의 고강도 저항운동 후 LDH 농도가 증가하는 것으로 보고하였으며, 동계훈련 프로그램을 통한 4주간의 고강도 운동은 유도선수들의 LDH 농도가 유의하게 증가한다고 보고 하였다 [24]. 본 연구에서도 저항도 운동에서는 유의한 차이가 없었으나 시즌 전 동계 고강도 운동 후 LDH 농도가 유의하게 증가하는 것으로 나타나 선행연구 결과와 일치 하였다. 이러한 증가현상은 선행연구를 감안할 때 운동 중 LDH의 활성화도는 운동 강도와 관련이 깊은데 이것은 운동 강도가 증가됨에 따라 세포 조직 내에 저 산소 상태가 유발되어 근세포막의 투과성이 증가하기 때문에 효소의 유출이 증가 되는 것이며 [53], 근 조직 내 에너지원의 고갈로 인한 근 조직 내 세포막의 손상 그리고 과도한 훈련 량에 따른 산화적 스트레스로 조직 손상이나 세포막의 파괴를 야기 시켜 혈중으로 효소유출이 증가하였다고 판단된다 [24]. 또한 과도한 달리기와 저항운동으로 인해 LDH의 증가율을 보인 것으로 여겨지며, 유도는 매우 격렬한 운동으로써 폭발적인 힘을 발휘하는 경기인 만큼 선수들이 고강도 운동에 대한 스트레스와 피로가 누적된 결과로 생각된다. 하지만 태권도 선

수를 대상으로 유·무산소성 운동을 병행하여 실시한 후 LDH 농도를 측정된 결과 유의하게 감소했다는 보고 [52]와 체육전공 대학생을 대상으로 60 % $\dot{V}O_{2max}$ 로 트레드밀 달리기를 실시한 후 LDH 농도를 측정된 결과 유의하게 낮게 나타났다는 보고 [34]는 본 연구와 상반된 결과를 보여 추후 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

CK는 고강도 저항운동 시 ATP의 고갈을 방지하는 효소이고, 근 손상의 간접적인 지표로 이용되고 있다 [3]. Umeda et al [57]에 의하면, 유도선수들에게 고강도 운동과 식이제한을 병행토록 할 경우 혈청 CK 농도가 증가하고 근 조직이 손상된다고 보고하였으며, CK는 내리막 달리기와 같은 신장성 수축 형태의 운동 후 혈중 농도가 최대치를 보인다고 하였다 [14]. 반면, 훈련된 건강한 남성 25명을 대상으로 경사진 언덕 운동 시 CK 농도의 변화를 초래하지 않았다는 보고도 있다 [35]. 하지만 본 연구에서는 고강도 운동 후 CK 농도가 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 스포츠 선수는 일반사람에 비하여 안정 시 혈청 CK가 높고 트레이닝이 많은 사람일수록 안정 시 혈청 CK가 높다고 하였다 [51]. 이는 신체활동이 많은 사람일수록 CK 농도가 높다는 것을 의미하며, 운동으로 단련된 정도에 따라 달라질 수 있다는 보고 [5]는 본 연구의 결과로 보았을 때 대상자들의 체력이 잘 발달되어 있다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구의 유도선수들은 식이제한을 하지 않았으며, 저항운동과 탄성운동으로 인해 근력 강화에 도움을 주었을 것이며, 이로 인해 세포손상을 방어하는 기전이 강화 [46]되었을 것으로 판단된다. 또한 유도선수들을 대상으로 체중감량을 위해 고강도 운동과 식이제한을 실시한 결과 CK 농도가 감소는 에너지원이 부족한 인체내부 환경 변화와 관련이 있다고 보고 [21]하여 더 많은 연구가 필요할 것이다.

### 3. 염증지표의 변화

운동수행에 의한 CPK 활성도의 변화는 운동 강도, 운동 지속 시간, 운동 형태에 의하여 영향을 받는다고 하였으며 [39], CPK 활성도를 측정하여 과도한 운동 강도에 의한 부상예방을 위한 측정지표로써 활용가능성을 시사하였다 [19]. Park [43]은 고강도 트레드밀 운동 후 CPK의 농도를 관찰한 결과 운동 후 유의하게 증가하였고, 중량운동 후 CPK 농도는 안정시의 3~4배 상승하였다고 보고하며 비교적 짧은 시간의 운동 후에도 CPK가 상승한다고 하였다 [40]. 또한 장시간의 고강도 운동 후 CPK 농도가 상승하여 안정시의 20배 이상까지도 올라갈 수 있다고 하였다 [13]. 반면, 16주간 저항운동을 지속한 결과 CPK 농도는 유의하게 감소하였으며 [17], 8주간의 고강도 저항운동 후 CPK 농도는 유의하게 감소하였다는 연구보고도 있다[44]. 하지만 본 연구에

서의 저·고강도 운동 후 약간의 감소와 증가현상은 있었지만 유의한 차이는 나타나지 않아 선행연구의 결과와 차이가 있는 것으로 나타났다. 대부분의 혈청효소들은 운동 강도에 비례적으로 증가하였지만 CPK는 변동이 심하고 [13], 1개월간 달리기 훈련시킨 대상자를 15마일 달리기 후 CPK 농도를 측정된 결과 훈련에 의해서 CPK 농도의 상승을 적어도 50% 정도 줄일 수 있다고 하였다 [36]. 이는 훈련이 CPK 농도의 상승을 방지하는 효과가 있음을 입증하듯 유도선수들의 경력이 오래된 만큼 근육이 매우 발달되었으며, 근 섬유가 저항운동에 적응하여 CPK의 농도에는 유의한 차이를 주지 못한 것으로 생각된다.

CRP는 오랫동안 염증관련 생화학적 지표로 사용되어 왔으며, 동맥경화증을 유발하는 염증의 정도를 반영하고, 아울러 심혈관계 염증반응 및 혈전 형성과 그 파열에 관해서도 직접적인 역할을 하는 것으로 알려졌다 [49]. 또한 강한 강도의 신체적 운동에 의해 많은 영향을 받으며, 장거리 달리기, 마라톤, 철인 3종 경기 등과 같은 매우 높은 유산소성 운동에 의해 영향을 받는다 [16]. Konig et al [29]에 의하면, 고강도 저항운동이 근 손상을 일으켜 CRP 농도를 증가한다고 보고하였으며, 태권도 선수들의 단기간 체중감량의 강도 높은 훈련은 CRP 농도를 증가시킨다고 하였다 [22]. 이에 반면, De Salles et al [12]은 저항운동이 CRP 농도를 유의하게 감소한다고 하였는데, 이는 고강도 운동 후 지방조직량을 감소시킴으로써 혈관내피세포와 대식세포수를 줄여 염증지표인 CRP의 생성을 감소시킨다고 제안하였다 [38]. 본 연구에서의 투기종목인 유도선수들 대상으로 실시한 결과 저항도 운동 후 CRP 농도가 유의하게 감소하는 것으로 나타났으며, 고강도 운동 후에는 유의한 차이는 없었다. 규칙적인 운동은 안정 시 IL-6와 TNF- $\alpha$  수준을 감소시킴으로서 CRP 수준을 유의하게 감소시키고 [28], 적절한 운동 후에는 운동 시 증가되었던 CRP 수준이 감소되었다고 보고하여 [1,59] 본 연구의 저항도 운동이 유도선수들에 있어 적절한 운동프로그램이라는 것을 확인 시켜주었다. 또한 CRP 농도가 운동 외에도 실험 전 운동경력과 환경에 따라 혈중 CRP 농도는 달라질 수 있으며, 그 밖에도 영양섭취 및 생활습관 등의 많은 요인에 의하여 결과는 달라질 수 있다고 보고 하였듯 [41] 선행연구와 본 연구는 대상자들의 생활습관과 운동경력, 그리고 영양학적인 차이가 있을 것으로 생각된다. 유도선수들은 저항운동이 장기적인 반복 훈련이 적절하게 이루어져 있는 점을 감안할 때 고강도 운동에도 염증인자의 변화를 초래하지 않은 것으로 판단된다. 하지만 운동 강도가 증가함에 따라 염증인자는 비례적으로 증가하는 것으로 나타나 고강도 저항운동은 염증인자에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고하여 [25] 지속적이고 무리한 고강도 운동은 근 염증으로 인한 근

손상을 유발할 수 있으므로 선수들의 양양학적 음식섭취를 도울 수 있는 식단과 개인에 맞는 운동프로그램을 과학적으로 설계하여야 할 것이며, 충분한 휴식도 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 유도선수들의 시즌 전 고강도 동계훈련이 피로물질(젖산, 암모니아)과 근 손상지표(LDH, CK) 및 염증지표(CPK, CRP)에 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 피로물질의 변화에 있어서 암모니아의 경우 고강도 운동 후 시기, 시기와 그룹간의 상호작용에서 유의한 차이가 있었으며, 사후시점에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

둘째, 근 손상지표의 변화에 있어서 LDH의 경우 고강도 운동 후 시기, 시기와 그룹간의 상호작용에서 유의한 차이가 있었으며, 사후시점에서 유의하게 증가 하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). CK의 경우 고강도 운동 후 그룹간의 상호작용에서 유의한 차이가 있었으며, 사후시점에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

셋째, 염증지표의 변화에 있어서 CRP의 저강도 운동 후 시기, 시기와 그룹간의 상호작용에서 유의한 차이가 있었으며, 사후시점에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

결론적으로 영양섭취 부족과 충분한 휴식 없이 지속적인 고강도 훈련이 이루어진다면 피로누적으로 근 손상을 유발 시킬 수 있으며, 신체 방어 기능의 감소로 인해 염증이 유발할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 피로물질과 관련된 전해질과의 상관관계를 연구할 필요가 있을 것이며, 고강도 운동 전 안정 시와 운동 중, 운동 후, 회복기 등 측정시기에 따른 혈액 변화의 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

## References

[1] Aldert MA, Glynn RJ, & Ridker PM (2004). Effect of physical activity on serum C-reactive protein. *The American Journal of Cardiology*, 93(2): 221-225.

[2] Andersson ML, Thorstensson CA, Roos EM, Retersson IF, Heinegard D et al (2006). Serum levels of cartilage oligometric matrix Protein(COMP) increase temporarily after physical exercise in patient with knee osteoarthritis. *BMC Musculoskelet Disorders*, 7(1): 98.

[3] Baird MF, Graham SM, Baker JS, & Bickerstaff GF (2012).

Creatine-kinase and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition Metabolism*, 11(3): 247-254.

[4] Brancaccio P, Lippi G, & Maffulli N (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 48(6): 757-767.

[5] Brancaccio P, Maffulli N, & Limongelli FM (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*, 81(1): 209-230.

[6] Carvalho-Peixoto J, Alves RC, & Cameron LC (2007). Glutamine and carbohydrate supplements reduce ammonia increase during endurance field exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32(6): 1186-1190.

[7] Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, Avloniti A, Jamurtas AZ et al(2010). Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *Journal of Strength Conditioning Research*, 24(5): 1389-1398.

[8] Cho HC, Jang HS, & Kim JK (2003). Effect of anaerobic power and blood fatigue material on winter training program in male and female wrestlers. *Sports Science Studies*, 13(2): 181-190.

[9] Choi JH, Kim JW, & Kim SJ (2005). A Comparative analysis of fatigue material between recovery method of fatigue after running training in high intensity. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 23: 411-420.

[10] Costa A, Orosz Z, Apor P, Csaba N, Siamilis S et al (2009). Impact of repeated bouts of eccentric exercise on sarcolemma disruption in human skeletal muscle. *Acta Physiologica Hungarica*, 96(2): 189-202.

[11] Deshenes MR, & Kraemer WJ (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11): 3-16.

[12] De Salles BF, Simao R, Fleek SJ, Dias I, Kraemer-Aguiar LG et al (2010). Effects of resistance training on cytokines. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7): 441-450.

[13] Fowler WM, Gardner GW, Kazerunidn HH, & Lauvstad WA (1996). The effect of exercise on serum enzymes. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 49(10): 554-565.

[14] Felici F, Colace L, Sbriccoli P (1997). Surface EMG modifications after eccentric exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 7(3): 193-202.

[15] Franchini E, Takito MY, Kiss MAPDM, & Sterkowicz S (2005). Physical fitness and anthropometric differences between elite and nonelite judo players. *Biology of Sport*, 22(4): 315-328.

[16] Lippi G, Bassi A, Guidi G, & Zatti M (2002). Relation between regular aerobic physical exercise and inflammatory markers. *The American Journal of Cardiology*, 90(7): 820.

[17] Hurley BF, Redmond RA, Pratley RE, Treuth MS, Rogers MA et al (1995). Effects of strength training on muscle hypertrophy and muscle cell disruption in older men. *International Journal of Sports*

- Medicine*, 16(6): 378-384.
- [18] Hur S (2011). Effect of vitamin E supplement on plasma antioxidant enzyme, lipid peroxides and muscle damage indices after high-intensity resistance training in female athletes. *Korean Journal of Physical Education*, 50(5): 381-390.
- [19] Janssen GM, Kuipers H, Willems GM, Does RJ, Janssen MP et al (1989). Plasma activity of muscle enzyme: quantification of skeletal muscle damage and relationship with metabolic variables. *International Journal of Sports Medicine*, 10: 160-168.
- [20] Sacheck JM, & Blumberg JB (2001). Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition*, 17(10): 809-814.
- [21] Kang CS & Oh BS (2013). Effects of a short term weight reduction on body composition, CK, LDH and HGH in growing period judo players. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 54(2): 1061-1071.
- [22] Kang HS, Kim JO & Yoon JH (2009). Effects of short-term weight loss methods on hematological indicators, morphological change of erythrocytes, and plasma c-reactive protein in taekwondo players. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 38(2): 1059-1072.
- [23] Kang HS, Kim KJ, Kim TW, Kim HM, Jang KT et al (2001). *Physiology of sport and exercise*. Seoul: daehanmedia.
- [24] Kim HT (2003). The effect of winter season training program on blood creatine kinase, lactate dehydrogenase and cortisol in judo athletes. *Korea Journal of Physical Education*, 42(5): 657-666.
- [25] Kim JH, Lee JS, & Kwon YW (2012). The effect of different intensity of 12 weeks resistance training on inflammatory factors and creatinekinase in sedentary female. *Korea Journal of Sport*, 10(3): 553-565.
- [26] Kim MJ (2011). Characteristic of anaerobic power and blood Lactate concentration immediately after judo competition in female judoka. *Journal of Korea Alliance of Martial Arts*, 13(3): 187-197.
- [27] Kim YS (2005). Effects of blood fatigue components and GOT immediately after maximum anaerobic power exercise on competition season and off season training in Taekwondo athletes [thesis]. Gyeonggido: Yongin University.
- [28] Kondo T, Kobayashi I, & Murakami M (2006). Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocrine Journal*, 53(2): 189-195.
- [29] Konig D, Wagner KH, Elmadfa I, & Berg A (2001). Exercise and oxidative stress: significance of antioxidants with reference to inflammatory, muscular, and systemic stress. *Exercise Immunology Review*, 7: 108-133.
- [30] Kraemer WJ, Ratamess NA, & French DN (2002). Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports*, 1(3): 165-171.
- [31] Kuiper H (1994). Exercise induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 15(3): 132-135.
- [32] Lee KE, Cho HC, Chung H, Kang SK, Chun YS et al (2010). The study of correlation on cardiorespiratory capacity, blood lipids metabolism and fatigue material by supplementing the L-Carnitine in elite judo athletes. *Journal of Korea Alliance of Martial Arts*, 12(2): 279-293.
- [33] Lee MS, Paik IY, Kwak YS, No HT, & Jin HE (2010). The effect of kinesio taping on muscle strength improvement, blood fatigue factors, muscle fatigue and damage index. *Journal of Life Science*, 20(6): 870-876.
- [34] Lee WY, & Sung BJ (2004). The effects of creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) changes during a treadmill running in different temperatures. *Korean Journal of Physical Education*, 43(5): 281-288.
- [35] Malm C, Sjodin TL, Sjoderg B, Lenkei Renstrom P, Lundberg IE et al (2004). Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *The Journal of Physiology*, 556(3): 983-1000.
- [36] Maxweel JH, & Bloor CM (1981). Effects of conditioning exertional rhabdomyolysis and serum creatine kinase after severe exercise. *Enzyme*, 26(4): 177-181.
- [37] Murry RK, Mayes PA, Granner DK, & Rodwell VW (1990). *Harper's Biochemistry*. London: Prentice-Hall International Inc, 103-166.
- [38] Nicklas BJ, You T, & Pahor M (2005). Behavioural treatments for chronic systemic inflammation: effects of dietary weight loss and exercise training. *Canadian Medical Association Journal*, 172(9): 1199-1209.
- [39] Noakes TD (1997). Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 4(4): 245-267.
- [40] Nuttall FQ, & Jones B (1998). Creatine kinase and glutamic oxaloacetic transaminase activity in serum, kinetics of change with exercise and effect of physical conditioning. *The Journal of Laboratory in Clinical Medicine*, 71(5): 847-854.
- [41] Panagiotakos DB, Pitsavos C, Zeimbekis A, Chrysohoou C, & Stefanadis C (2005). The association between lifestyle-related factors and plasma homocysteine levels in healthy individuals from the "ATTICA" Study. *International Journal of Cardiology*, 98(3): 471-477.
- [42] Park HS, & Yang SH (2011). Effects of weight loss on fatigue and metabolic hormone in weight classification athletes. *Korean Journal of Physical Education*, 50(3): 533-550.
- [43] Park JC (2008). The effect of insulin resistance on muscle injury due to high-intensity exercise [Thesis]. Kyungsnagbookdo: Kyungbook National University.
- [44] Park MJ (2013). A Research on change of muscle mMass and inflammatory markers within the short-period high intensity resistance exercise [thesis]. Gyeonggido: Dankook University.
- [45] Pen LJ, & Fisher CA (1994). Athletes and pain tolerance. *Sports Medicine*, 18(5): 319-329.
- [46] Poulsen HE, Loft S, & Vistisen K (1996). Extreme exercise and oxidative DNA modification. *J Sports Sci*, 14(4): 343-346.

- 
- [47] Ramel A, Wagner KH, & Elmadfa I (2004). Plasma antioxidants and lipid oxidation after submaximal resistance exercise in men. *European Journal of Nutrition*, 43(1): 2–6.
- [48] Ryder JW, Buxton RE, Goetchius E, Scott-Pandorf M, Hackney KJ et al (2013). Influence of muscle strength to weight ratio on functional task performance. *European Journal of Applied Physiology*, 113(4): 911–921.
- [49] Ridker PM, Bassuk SS, & Toth PP (2003). C-reactive protein and risk of cardiovascular disease: Evidence and clinical application. *Current Atherosclerosis Reports*, 5(5): 341–349.
- [50] Sahlin K, Kats A, & Broberg S (1990). Tricarboxylic acid cycle intermediates in human muscle during prolonged exercise. *American Journal of Physiology*, 259(5): 834–841.
- [51] Seo YH, & Wee SD (2006). *Essence of sports medicine*. Seoul: DKbooks.
- [52] So IC (2006). The Effect of octacosanol administration in blood glucose and fatigue factor. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 10(3): 275–280.
- [53] Stansible D, Aston JP, Dallimore NS, Williams HM, & Wills N (1983). Effect of exercise on plasma pyruvate kinase and creatine kinase activity. *Clinica Chimica Acta*, 132(2): 127–132.
- [54] Tartibian B, Azadpoor N, & Abbasi A (2009). Effects of two different type of treadmill running on human blood leukocyte populations and inflammatory indices in young untrained men. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(2): 214–223.
- [55] Thomas RB, & Roger WE (2002). *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics, 507.
- [56] Tomayo M, Sweeney A, Phillips W, Buono M, Laudsh I et al (1984). The wingate anaerobic power test, peak blood lactate and maximal oxygen debt in elite volleyball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 16: 126.
- [57] Umeda T, Nakaji S, Shimoyama T, Yamamoto Y, Totsuka M et al (2004). Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists. *Journal of Sports Science*, 22(4): 329–338.
- [58] Wagenmakers AJM (1991). Role of amino acids and ammonia in mechanism of fatigue. In: IVth nice symposium. *Medicine and Sports*. Basel: Karger.
- [59] Wannamethee SG, Lowe GD, Whincup PH, Rumley A, Walker M et al (2002). Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men. *Circulation*, 105(15): 1785–1790.
- [60] Yeom IH (2011). *Effect of Exercise intensity on inflammatory marker and immunoglobulin* [thesis]. Incheon; Incheon National University.