

유산소운동능력의 차이가 로잉에르고미터 최대하 운동시 혈중 활성산소에 미치는 영향

강신범* · 차화준** · †하해동

*한국해양대학교 해양체육학과 부교수, **한국해양대학교 해양체육학과, †한국해양대학교 해양체육학과 교수

The Effects of Aerobic Exercise Capacity on Free Oxygen Radical in Blood during Submaximal Exercise in Rowing Ergometer

Shin-Beum Kang* · Hwa-Jun Cha** · †Hae-Dong Ha

*,**, † Dept. of Ocean Physical Education, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 본 연구는 유산소운동능력의 차이를 보이는 두 집단이 각각 로잉에르고미터 최대하 운동을 실시한 후 혈중 활성산소의 변화에 어떠한 차이를 나타내는지 구명하는데 목적이 있으며 연구대상으로는 조정 선수집단 6명과 비선수집단 6명을 대상으로 최대유산소운동능력을 검사한 후 각각의 목표심박수 85~90%를 적용하여 로잉에르고미터 운동을 실시하였고 운동 전, 직후, 10분, 20분, 차30분에 각각 채혈하여 활성산소의 변화를 분석하였다. 그 결과는 유산소운동능력의 차이에 따른 활성산소의 변화에서 집단과 시기 간 상호작용 효과는 유의한($p < .05$) 차이를 나타내어 시기에 따른 변화의 양상이 집단 간 차이가 있었고 사후검증 결과 회복기 10분에서 20분 그리고 20분에서 30분 구간에서 유의한 차이가 나타났다. 결론적으로 인체에 부정적인 영향을 미치는 활성산소로부터 유산소운동능력이 우수한 조정선수집단이 비선수집단에 비해 긍정적인 회복 패턴을 보였다.

핵심용어 : 유산소운동능력, 로잉에르고미터, 최대하운동, 활성산소

Abstract : The purposes of this study were to examine the effects of aerobic exercise capacity on free oxygen radicals in blood(FORB) during submaximal exercise in rowing ergometer and as for study purposes, a set of experiments were conducted using one group of 6 rowing players(RP) and the other group of 6 non rowing players(NRP) at the maximum heart rate reserve(HRR) 85-90% exercise intensity. Oxygen free radical was sampled 5 times including a rest period(ARP), immediate after exercise(IAE), 10 minutes after exercise(10MAE), 20 minutes after exercise(20MAE) and 30 minutes after exercise(30MAE). Accordingly, following findings were derived from current study. The effects of interaction between groups and times were significant in oxygen free radical($p < .05$) and post hoc tests revealed that significant differences occurred between 10MAE and 20MAE and between 20MAE and 30MAE.

In conclusion, the aerobic exercise capacity excellence RP group had more positive recovery pattern than that in the NRP group from FORB of negative influence to the human body

Key words : Aerobic Exercise Capacity, Rowing Ergometer, Submaximal Exercise, Free Oxygen Radical

1. 서 론

인체는 생존과 활동을 위해서 산소를 필요로 하며 섭취되는 산소의 약 95% 이상은 세포의 에너지 대사과정에서 생성되는 전자와 결합하여 물로 환원되지만 2~3%의 산소는 불완전하게 환원되어 활성 산소유리기(free oxygen radical)를 형성하게 된다(Alessio 1993; Halliwell & Gutteride, 1985). 이렇게 인체 내 생성된 활성산소는 반응성이 커서 세포막, 지질 및 DNA 등을 공격하는 산화적 스트레스를 세포에 주게 되는데(Niess et al., 1999), 산소섭취량이 10-15 배에 이르도록 급격하게 증가되는 운동 상황에서는 미토콘드리아에서의 활성 산

소 유리기 생성이 증폭되어 산화적 스트레스는 더욱 증가하게 된다(Aikawa et. al., 1984; Davies et. al., 1982; Halliwell, 1997; Reznick et. al., 1992). 특히, 격렬한 운동 시 인체는 대량의 산소섭취와 일시적 허혈(Ischemic), 재관류(Reperuse)현상 등에 의해 활성산소의 증가를 유도한다(박, 2001; 임, 1996; Alessio, 1993; Davies et. al., 1982; Jenkins, 1988).

인간이 운동이후 회복 시 호흡을 할 때 산소의 1%가 과산화물 라디칼을 생성한다면 약 0.15 mol/day 또는 50 mol/year의 적지 않은 양이 생성된다. 이렇게 생성된 활성산소는 인체 구성 성분의 최소단위인 세포내 DNA 손상과 변형 그리고 과산화물을 생성함으로써 세포의 손상은 물론 노화 및 각종 질

† 교신저자 : 종신회원, hdha@hhu.ac.kr, 051) 410-4440

* 연회원, kangsb@hhu.ac.kr, 051) 410-4791

** 연회원, cha677@nate.com, 051) 410-4790

병을 유발시키는 것으로 알려져 있다(Niess et. al., 1999). 특히 이러한 활성산소가 철과 구리 같은 금속이온과 결합을 한다면 매우 독성이 강한 활성산소와 수소라디칼이 생성되어 인체의 모든 부위를 공격하여 손상을 주게 된다(Fang et. al., 2002).

이러한 활성산소가 생성되는 것은 산소를 이용하여 생을 영위하는 유기체에게서 나타나는 자연스러운 현상(Halliwell & Gutteride, 1985)이며, 인체의 정상적인 호흡 및 대사과정에서 활성산소가 생성되고, 인체의 항산화적 방어기전이 작용하지만, 강도 높은 운동에 따라 다량의 산소를 사용하는 경우 산화성 스트레스인 활성산소가 증가하고, 활성산소가 체내에서 과다 생성되면 인체는 그에 적절히 대응하지 못해 세포막 구성성분이 파괴되는 등의 해로운 영향(Bank et. al., 1994)을 받을 수 있다고 보고하고 있다.

이처럼 여러 선행연구(박, 2001; 임, 1996; Alessio, 1993; Davies et. al., 1982; Jenkins, 1988) 결과에 의하면 높은 지구성 트레이닝은 최대 유산소성 능력을 향상시키지만 인체 내 활성산소 생성률을 증가시키기 때문에 더욱 큰 세포 손상의 원인이 될 수 있다고 보고하고 있다(임, 2001).

이러한 활성산소의 부정적 진행을 최소화하기 위해서는 규칙적으로 인체에 운동자극을 주는 것이 중요하다. 이는 인체 내 활성산소에 대한 적응력을 향상시켜 활성산소에 의해 발생될 수 있는 질병을 줄일 수 있도록 도와준다. Burdon 등(1994)의 연구결과에 따르면 세포를 파괴시키는 농도보다 더 낮은 농도의 활성산소 축적은 오히려 세포의 증식기전을 자극하여 세포를 증식시킨다고 보고하고 있으며, Sumida 등(1989)도 규칙적으로 훈련을 하게 되면 탈진운동을 할지라도, 산화방어능력이 증가되어 혈중 활성산소를 감소시킨다고 보고하고 있다.

최근 활성산소에 대한 국민들의 관심이 커지면서 이에 따른 연구도 점차적으로 증가하고 있다. 그러나 연구 분야가 음식섭취 전과 후 또는 장기간 운동에 따른 변화를 살펴보는 연구만이 활발히 진행되고 있어 활성산소에 대한 다양한 연구가 부족한 실정이다. 또한 대부분의 유산소운동에 의한 실험 연구에서 러닝 트레드밀과 사이클 에르고미터 등과 같이 하체 위주의 측정장비만을 사용하고 있어 전신 운동의 효과로 일반화하기에는 다소 부족한 점이 있다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 하체와 상체를 동시에 사용하여 유·무산소 훈련이 가능한 전신운동기구 중 가장 일반화 되어 있고 단시간 목표 운동강도에 도달이 가능한 로잉에르고미터 장비를 사용하였다. 이를 통해 계속적으로 훈련하는 조정선수집단과 그렇지 않은 비선수집단을 대상으로 로잉에르고미터 최대하 운동 수행 시 유산소운동능력의 차이에 대한 활성산소의 변화 양상을 살펴보았다. 이는 전신운동기구를 이용한 연구라는 점에서 매우 가치 있는 일이라 사료된다.

따라서 이러한 전신운동기구를 통한 활성산소의 집단 간 변화 패턴을 분석하여 인체 적응력을 평가하고 운동의 필요성을 제시하며, 조정선수들의 훈련 수행 시 과학적 데이터를 제

공함으로써 경기력 향상에 도움을 주고자 하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 연구방법

1) 연구대상

본 연구는 B광역시 소재한 H대학교에 재학 중이며 질환이 없고 신체 건강하며 대한조정협회(Korea Rowing Association)에 등록되어 있는 남자 조정선수 6명과 운동선수 경험이 전혀 없는 남자 비선수 6명을 대상으로 본 연구의 취지와 운동방법에 대한 설명을 듣고 연구의 의의를 충분히 이해하여 참여 동의서에 서명한 학생들로 연구 대상자를 선정하였으며 연구 대상자의 신체적 특성은 In Body VENUS 5.5를 사용하여 신장(cm), 체중(kg), 체지방률(% fat)를 측정하였다. 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Physical characteristics of subjects in each group

group(n)	career(year)	height(cm)	weight(kg)	%fat(%)
RG(n=6)	3.33±0.52	185.46±4.31	83.91±8.90	18.51±1.84
NG(n=6)	N	184.35±6.67	82.70±4.89	21.11±2.81

운동부하검사를 통해 연구 대상자의 유산소운동능력을 검사하였으며 그 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 Change of aerobic exercise capacity

group(n)	VT(l)	VE (ℓ/min)	VO ₂ max (ml/min)	VO ₂ max (ml/min/kg)	HRmax (beats/min)	RER
RG(n=6)	3.011 ±0.341	136.131 ±33.610	4664.19 ±760.32	55.343 ±6.435	185 ±7.04	1.154 ±4.843
NG(n=6)	2.359 ±0.374	103.195 ±7.686	2978.52 ±111.86	45.502 ±2.997	195.67 ±5.47	1.256 ±8.928

2) 실험방법

본 연구에서는 각 피험자를 대상으로 신체조성 검사와 운동부하검사 그리고 활성산소 유리기 체혈 검사 5회를 위해 식수를 포함한 음식물 섭취를 제한하여 10시간 이상 공복상태를 유지하도록 하였다.

3) 운동부하 검사

운동부하 검사는 운동부하 절차에 따라 트레드밀 (K4b2, COSMED Srl, Rome, Italy)에서 실행하였으며, 최고속도 1.7 mph, 경사 10%로 3분간 운동한 후 매 3분마다 경사도를 2%의 경사각도인 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24%로 점진적으로 올리면서 속도는 2.5, 3.4, 4.2, 5.0, 5.5, 6.0 mph로 증가시켜 피험자의 최대 운동(All-out 시점)에 도달하도록 하였으며, 최대운동부하의 판정 기준은 운동강도가 증가하여도 심박수가 증가하

지 않고, 산소섭취량이 150 ml/min 이상 증가하지 않을 경우, 주관적 인지피로도(RPE)가 17 이상 그리고 최대운동부하시 호흡교환율(RER)이 1.15 이상 일 때로 하고 이것들 중 2개 이상을 만족할 때를 최대 운동부하로 판정하였다(ACSM, 2005).

4) 목표심박수 설정

목표심박수의 계산공식은 다음과 같다.

(운동강도 %) × (최대심박수 - 안정시심박수) + 안정시심박수(Karvonen et. al., 1957).

5) 활성산소 검사 방법

활성산소 검사는 활성산소 측정기(CALLEGARI S.P.A, Italy)를 통해 안정 시, 운동직후, 10분, 20분, 30분에 측정하였다. 세부적인 검사방법으로는 란셋(Lancet)을 이용하여 검지상단부분에서 20 μl를 채혈한 후 준비된 캐필러리에 빈공간이 없고 묻어나지 않도록 담고, 산성(pH 4.8) 용액이 들어있는 버퍼(Buffer) 속에 넣어서 흔들어서 섞은 후 캐필러리를 빼고 혼합한 용액을 큐벳에 옮겨 붙는다. 이 큐벳에 시약(색원체 : N, N-diethylprapenylen-diamine) 50 μl을 떨어뜨려 마개를 닫고 혼합한 뒤 원심 분리기에 1분간 돌려 그대로 광도계에 5분간 분석하여 활성산소 수치를 자동 출력하였다.

6) 로잉에르고미터 운동 방법

운동 전 안정을 유지한 상태에서 워밍업(Warm-up)을 10분간 실시하였으며, 피험자는 로잉에르고미터를 통해 목표 심박수 85~90% 수준에 도달한 시점부터 10분간 자신의 목표 심박수 구간에서 로잉에르고미터 운동을 실시하였다.

로잉에르고미터 운동 형태는 Fig. 1과 같다.

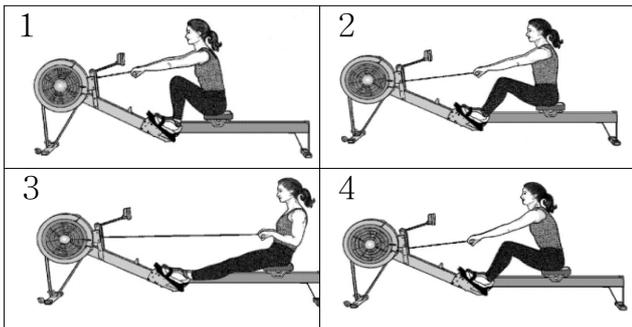


Fig. 1 Exercise form of rowing ergometer

Table 3 Measurement process of rowing ergometer exercise

Order	Contents	Time	Intensity
Warm-up	Running Stretching	10 min	
Ergometer Exercise	Rowing	10 min	HRR (85~90%)
Cool-Down	Running Stretching	10 min	

7) 자료처리

모든 자료는 SPSS Ver 14.0 package를 이용하여 변인에 대한 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)를 산출하였다. 각 집단과 시기 간에 따른 상호작용효과와 집단간의 차이 검증은 반복측정분산분석법(two-way repeated measures ANOVA)을 사용하였으며, 사후검증으로써 시기별 평균치 변화에 대한 차이 검증은 Paired t-test를, 시기별 집단 간의 평균치 변화의 차이검증은 Independent t-test를 이용하였다. 통계적 유의수준은 α=.05로 하였다.

3. 결과 및 고찰

집단과 시간간의 요인으로 분석한 결과 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았고 시기 간에는 유의한(p<.001) 차이가 나타났으며 집단과 회복시점간의 상호작용 효과에서는 유의한(p<.01) 차이가 나타났다. 이는 시기에 따른 집단 간 변화 정도가 차이가 있음을 의미한다.

Table 4 Result of repeated two-way ANOVA about change of free oxygen radical in blood

Source	SS	df	MS	F	P [#]
Time	10200.267	4	2550.067	11.378	.000 ^{###}
Group	256.267	1	256.267	.018	.896
T×G	4583.733	4	1145.933	5.113	.002 ^{##}
Error	8964.800	40	224.120		

Values are Mean±Standard deviation

T×G : Time×Group

: two-way repeated ANOVA, #: p< .01, ###: p<.001

이러한 상호작용 효과에 대한 사후검증 결과에 따르면 집단 내 시기에 따른 구간별 평균치 변화는 선수집단의 경우 안정 시에서 운동직후 유의하게(p<.001) 증가하였으나 운동직후에서 10분, 운동직후에서 20분, 운동직후에서 30분에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 비선수 집단의 경우 안정 시에서 운동직후 유의하게(p<.01) 증가하였고 운동직후에서 10분, 운동직후에서 30분에서는 유의하게(p<.05) 감소하였다. 그러나 운동직후에서 20분에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

또한 집단 내 시기별 차이에 따른 집단 간 활성산소의 평균치 변화에서는 회복기 10분에서 20분, 20분에서 30분에서는 유의한(p<.05) 차이가 나타났으나 안정 시에서 운동직후, 운동직후에서 회복기 10분에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 5 Result of t-test about change of free oxygen radical in blood

Group	A	B	C	D	E	Value	A-B	B-C	B-D	B-E
RG	229.33 ±31.18	266 ±32.64	225.33 ±41.23	257.33 ±29.36	264.00 ±24.23	t	-9.517	2.562	1.052	.389
diff	36.667 ±9.437	-40.667 ±38.877	32.000 ±33.633	6.667 ±10.557		p	.000 ^{###}	.051	.067	.183
NG	230.33 ±77.31	269.67 ±67.59	260.33 ±62.22	257.67 ±76.90	244.67 ±67.33	t	-4.972	3.318	2.216	5.387
diff	39.333 ±19.376	-9.333 ±6.889	-2.667 ±18.051	-13.000 ±13.371		p	.004 ^{###}	.021 [#]	.732	.003 ^{###}
Value	t	.303	1.944	-2.225	-2.828					
	p	0.768	0.081	0.050 [*]	0.018 [*]					

Values are Mean±Standard deviation

[#]: Significant difference within group in paired t-test, [#]: p< .05, ^{##}: p< .01, ^{###}: p< .001

^{*}: Significant difference between group in independent t-test, ^{*}: p< .05

RG : rowing player group, NG: non rowing player group

A : rest, B : immediate after exercise, C : 10 minutes after exercise, D : 20 minutes after exercise, E : 30 minutes after exercise

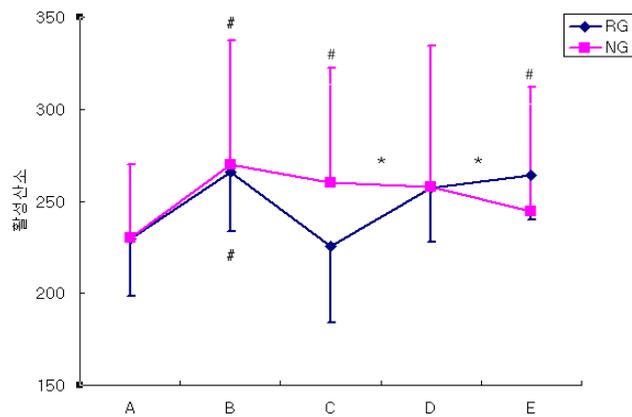


Fig. 2 Change of free oxygen radical in blood

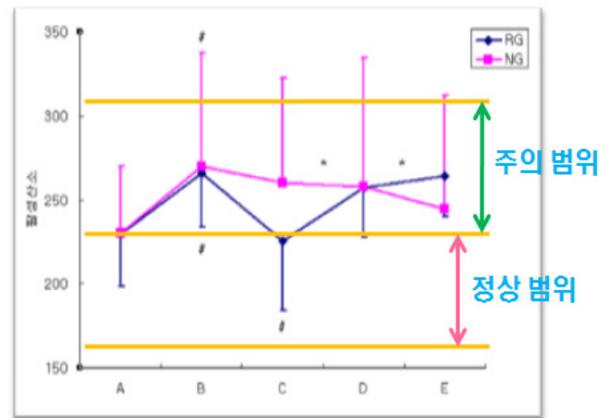


Fig. 3 Coverage of free oxygen radical in blood

Fig. 2는 본 연구에서 조정 선수집단과 비선수집단의 최대하 로잉에르고미터 운동 후 활성산소의 변화를 분석한 결과를 나타내고 있다.

두 집단 모두 운동직후에 활성산소가 올라가는 것은 근육에서 산소 이용률이 증가하기 때문에 동맥벽이 전체적으로 저산소 상태가 되면, 전자수용체로서의 산소가 부족하고 쌍을 이루지 못한 전자가 생기므로 활성산소가 조직 내에 증가하는 것이다(주, 2003).

운동직후부터 회복기 10분까지 조정 선수집단이 비선수집단에 비해 활성산소가 일시적으로 급격히 감소하는 것은 평상시 지속적인 운동으로 인해 활성산소를 제거하는 항산화효소의 작용시점이 비선수집단 보다 빠르게 작용하도록 인체의 항산화 기전이 적응되어 있는 것이며 활성산소의 증가만큼 비례적으로 항산화효소의 활성화가 일어난 것으로 사료된다. 그러나 회복기 10분후부터 활성산소가 다시 증가하는 것은 조정 선수집단의 체내 항산화효소의 공급이 불충분하여 산소 라디칼 제거 능력이 감소(Boveris et al. 1976)하였으므로 회복기에

다시 올라간 것으로 사료된다. 이는 이윤미(2007)의 연구결과에서 80%의 운동 강도로 운동했을 때 활성산소 수치가 회복기에 다시 올라간 것과 유사한 패턴이다.

이러한 결과는 매일 고강도 운동을 계속하는 선수집단의 경우 비록 항산화효소의 작용시점은 빠르게 적응되어 있지만 일시적인 고강도 훈련에서의 엄청나게 증가된 활성산소의 양을 막기에는 그 양이 제한적이라는 것을 나타내어 주고 있다(Child et al. 1998).

반면, 비선수집단의 경우 운동직후 증가된 활성산소가 항산화효소의 작용으로 인해 점차적으로 감소하고 있으며 공급되는 항산화효소의 작용시점이 선수집단에 비해 느리지만 활성산소는 서서히 떨어지는 양상을 보이고 있다.

이러한 결과는 비선수집단의 경우 항산화효소의 작용이 서서히 일어나고 있으며 이에 따른 항산화효소의 고갈시점이 선수집단에 비해 길어진 결과라 할 수 있다. 그러나 비선수집단은 회복기 30분후에도 안정시까지의 회복을 하지 못하고 주위 범위에 계속해서 머물러 있다는 점에서 회복기에 한 번의 안

정시를 거친 선수집단에 비해 인체는 활성산소 작용 범위에 더 노출되어 있다고 말할 수 있다.

본 연구에서는 활성산소의 회복단계 전체 중 일부분인 운동직후부터 회복기 30분까지의 구간별 회복단계를 세부적으로 살펴본 것으로 활성산소의 단기간 회복과정에서 조정 선수 집단과 비선수집단은 서로 다른 패턴을 보이고 있음을 분석하였다. 활성산소는 계속적으로 빠르게 생성과 제거가 일어나며, 고강도 운동 후 정상범위로 회복되기 위해서는 항산화효소의 작용에 따른 활성산소의 증가와 감소가 반복되면서 서서히 체내에서 안정 수치로 회복되는 것으로 사료된다.

본 연구의 구간은 단기간 활성산소의 변화를 분석하였으므로 장기간의 증가와 감소를 통한 회복패턴은 나타낼 수 없었다. 따라서 차후 연구에서는 본 연구를 바탕으로 단시간 고강도 운동시 활성산소의 정상범위까지의 전체적인 회복과정을 분석하고 이에 따른 항산화효소의 작용과정을 대조, 분석하는 연구가 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 유산소운동능력의 차이가 로윙에르고미터를 통한 최대하 운동시 활성산소에 미치는 영향을 분석하기 위해 조정선수집단 6명과 비선수집단 6명을 대상으로 운동 전·후, 회복기 10분, 회복기 20분, 회복기 30분에 활성산소의 변화를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

집단과 시기 간 상호작용 효과는 유의한($p < .01$) 차이가 나타나므로 시기에 따른 변화의 양상이 집단 간 차이가 있었다.

이에 따른 사후검증 결과 선수집단 내에서는 안정 시에서 운동직후 유의하게($p < .001$) 증가하였으나 운동직후에서 10분, 운동직후에서 20분, 운동직후에서 30분에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 비선수 집단 내에서는 안정 시에서 운동직후 유의하게($p < .01$) 증가하였고 운동직후에서 10분, 운동직후에서 30분에서는 유의하게($p < .05$) 감소하였다. 그러나 운동직후에서 20분에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

또한 두 집단 간에서는 회복기 10분에서 20분, 20분에서 30분 구간에서 유의한($p < .05$) 차이가 나타났으나 안정 시에서 운동직후, 운동직후에서 회복기 10분에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이상의 결과에서 유산소능력이 우수한 선수집단과 비선수집단은 서로 다른 활성산소의 회복패턴을 나타내고 있으며 선수집단의 항산화효소의 활성화가 빠르게 나타남으로써 활성산소에 대한 인체의 반응기전이 비선수집단에 비해 우수하였다.

정상범위로 회복되기 위해 활성산소가 증가와 감소를 반복한다는 점에서 작용점이 빠르다는 것은 그만큼 선수집단의 인체 적응력이 우수하다는 것이다.

따라서 선수집단이 비선수집단보다 더 효과적인 회복패턴을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 박혜진(2001), “운동강도가 쥐 심장의 지질과산화와 항산화효소 활성에 미치는 영향”, 미간행 석사학위논문, 한남대학교 대학원.
- [2] 이윤미(2007), “운동강도와 지속시간에 따른 활성산소 및 항산화 효소의 변화”, 미간행 석사학위논문, 성신여자대학교 대학원.
- [3] 엄우섭(2004), “운동강도에 따른 장기간 유산소성 운동이 최대산소섭취량, 지질 과산화물, 항산화 효소 및 면역기능에 미치는 영향”, 미간행 박사학위논문, 서울대학교 대학원.
- [4] 임인수(1996), “운동강도에 따른 산화적 DNA손상과 항산화제 효과”, 미간행 박사학위논문, 한양대학교 대학원.
- [5] 주용식(2003), “트레이닝 방법에 따른 혈장의 과산화지질 및 항산화효소 농도에 미치는 영향”, 미간행 박사학위논문, 동아대학교 대학원.
- [6] ACSM. (2005), Guidelines for exercise testing and prescription, Baltimore, Williams & Wilkins.
- [7] Aikawa, K. M., Quintanilha, A. T., de Lumen, B. O., Brooks, G. A., & Packer, L.(1984), “Exercise endurance-training alters vitamin E tissue levels and red-blood-cell hemolysis in rodents”, Bio Sci. Rep., 4(3), 253-257.
- [8] Alessio, H. M.(1993), “Exercise-induced oxidative stress”, Med. Sci. Sports Exerc., 25(2), 218-224.
- [9] Bank, W., & Chance, B.(1994), “An oxidative defect in metabolic myopathies: ignosis by noninvasive tissue oximetry[see comments]”, Ann. Neurol., 36(6), 830-837.
- [10] Boveris, A., Cadenas, E., & Stoppani, A. O.(1976), “Role of ubiquinone in the mitochondrial generation of hydrogen peroxide”, Biochem. J., 156(2), 435-444.
- [11] Burdon, R. H., Alliangana, D., & Gill, V.(1994), “Endogenously generated active oxygen species and cellular glutathione levels in relation to BHK-21 cell proliferation”, Free Radic Res., 21(3), 121-133.
- [12] Child, R. B., Wilkinson, D. M., Fallowfield, J. L., & Donnelly, A. E.(1998), “Elevated serum antioxidant capacity and plasma malondialdehyde concentration in response to a simulated half-marathon run”, Med. Sci. Sports Exerc., (11), 1603-1607.
- [13] Davies, K. J., Quintanilha, A. T., Brooks, G. A., & Packer, L.(1982), “Free radicals and tissue damage produced by exercise”, Biochem. Biophys. Res. Commun., 107(4), 1198-1205.
- [14] Fang, Y. Z., Yang, S., & Wu, G.(2002), “Free Radicals, Antioxidants and Nutrition”, Nutrition, 18, 872-879.
- [15] Halliwell, B.(1997), “Antioxidants and Human disease :

- A General Introduction”, *Nutrition Reviews*, 55(1), 267-277.
- [16] Hilliwell, B., & Gutteride, J. M. C.(1985), “Free Radicals in Biology and Medicine”, Oxford: Clarendon Press, 1-18.
- [17] Jenkins, R. R.(1988), “Free radical chemistry: Relationship to exercise”, *Sports. Med.*, 5, 156-170.
- [18] Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O.(1957), “The effects of training on heart rate: a longitudinal study”, *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.*, 35(3), 307-315.
- [19] Niess, A. M., Dickhuth, H. H., Northoff, H., & Fehrenbach, E.(1999), “Free radicals and oxidative stress in exercise immunological aspects”, *Exerc. Immunol. Rev.*, 5, 22-56.
- [20] Reznick, A. Z., Witt, E., Matsumoto, M., & Packer, L.(1992), “Vitamin E inhibits protein oxidation in skeletal muscle of resting and exercise rats”, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 189, 801-806.
- [21] Sumida, S. K., Tanka, H. Kitao, & Nakadomo, F.(1989), “Exercise induced lipid peroxidation and leakage of enzymes before and Vitamin E supplementation”, *Int. J. Biochem.*, 21, 835-838.

원고접수일 : 2010년 4월 14일

심사완료일 : 2010년 11월 26일

원고채택일 : 2010년 11월 29일