



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학석사 학위논문

조정선수의 로잉 에르고미터 수행 후
피로회복방법에 관한 비교 분석

Comparative Analyses of Fatigue Recovery Methods after
Performing Rowing Ergometer in Rowers



지도교수 한 해 동

2010년 8월 일

한국해양대학교 대학원

해양생명환경학과

김 지 현

이학석사 학위논문

조정선수의 로잉 에르고미터 수행 후
피로회복방법에 관한 비교 분석

Comparative Analyses of Fatigue Recovery Methods after
Performing Rowing Ergometer in Rowers



지도교수 양해동

2010년 8월 일

한국해양대학교 대학원

해양생명환경학과

김지현

인준지 들어감



목 차

표 목 차	iii
그 립 목 차	iv
Abstracts	v
I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	3
3. 연구 문제	3
II. 이론적 배경	4
1. 조정 경기의 이해	4
1) 조정경기 of 기본적 특성	4
2) 조정선수의 체격적 특성	6
3) 조정선수의 심폐기능	7
4) 조정선수의 근기능 및 무산소성파워	9
2. 피로의 이해	11
1) 피로	11
2) 운동과 혈중성분	12
3) 근 손상 지표물질	16
3. 선행연구	19
III. 연구방법	21
1. 연구 대상	21
2. 실험 설계	22

3. 측정 도구	24
4. 실험측정 및 방법	25
5. 자료처리	28
IV. 연구결과	29
1. 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화	29
2. 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화	32
3. 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화	34
4. 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화	36
V. 논의	38
1. 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화	38
2. 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화	40
3. 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화	42
4. 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화	44
VI. 결론 및 제언	46
참 고 문 헌	48



표 목 차

표 1. 피험자의 신체적 특성	21
표 2. 측정도구	24
표 3. 수중운동프로그램	26
표 4. 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화	29
표 5. 운동직후 기준 혈중 젖산의 감소량	30
표 6. 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화	32
표 7. 운동직후 기준 혈장 암모니아의 감소량	33
표 8. 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화	34
표 9. 운동직후 기준 혈장 LDH의 감소량	35
표 10. 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화	36
표 11. 운동직후 기준 혈장 CK의 감소량	37



그림 목 차

그림 1. 실험 설계	23
그림 2. 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화	30
그림 3. 운동직후 기준 혈중 젖산의 감소량	31
그림 4. 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화	32
그림 5. 운동직후 기준 혈장 암모니아의 감소량	33
그림 6. 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화	34
그림 7. 운동직후 기준 혈장 LDH의 감소량	35
그림 8. 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화	36
그림 9. 운동직후 기준 혈장 CK의 감소량	37



Comparative Analyses of Fatigue Recovery Methods after Performing Rowing Ergometer in Rowers

Kim, Ji-Hyeon

Department of Ocean Physical Education

Graduate School of

Korea Maritime University

Abstract

The purpose of this study was to examine the effective fatigue recovery methods by comparatively analyzing a change in fatigue factors among recovery methods through applying the athletic static recovery, athletic dynamic recovery, and aquatic dynamic recovery after performing rowing ergometer 2,000m in rowers. The tests were carried out over 3 times with the interval of 1 week as a repetitive experimental design within the same subjects. Fatigue-induced exercise with intensity of 80% in HRmax was performed after measuring HRmax level by individual testee through pre-test in order to establish the same exercise intensity targeting 10 testees. Dynamic recovery methods were set up at the level of HRmax 60% based on the individual recovery exercise intensity.

A total of three tests including athletic static recovery, athletic dynamic

recovery and aquatic dynamic recovery were performed with the interval of one week. The blood sample was taken totally 4 times given being stable, right after fatigue-induced exercise(rowing ergometer in 2,000 m), right after recovery treatment for 20 minutes, and right after 30 minutes in recovery(right after 10 minutes in the recovery period). Fatigue factors such as lactic acid, ammonia, LDH, and CK were analyzed to compare a change based on types of recovery methods.

Using SPSS 12.0 statistical program, the means and the standard deviations in each recovery type and by period were calculated. To examine differences in recovery rates according to recovery methods among groups, the repeated measurement ANOVA was carried out by obtaining the reduction rate right after recovery treatment for 20 minutes and right after 30 minutes of recovery based on right after exercise. Interaction effects shown, the post-hoc tests among periods by group was performed with Duncan method. The statistical significance tests were performed at $\alpha=.05$. Accordingly, the following results were derived.

First, a change in blood lactic acid according to recovery method

Comparing decrement in levels of lactic acid between right after recovery-exercise treatment for 20 minutes and right after 30 minutes in recovery based on right after fatigue-induced exercise, no significant difference appeared among static recovery, athletic dynamic recovery and aquatic dynamic recovery.

As comparing decrement in levels blood ammonia between right after recovery-exercise treatment for 20 minutes and right after 30 minutes in recovery based on right after fatigue-induced exercise, the athletic dynamic recovery and the aquatic dynamic recovery showed the significantly larger decrement than static recovery.

As comparing decrement in blood LDH between right after recovery-exercise treatment for 20 minutes and right after 30 minutes in recovery based on right after fatigue-induced exercise, the athletic dynamic recovery and the aquatic dynamic recovery showed the significantly larger decrement than static recovery.

As comparing decrement in blood CK between right after recovery-exercise treatment for 20 minutes and right after 30 minutes in recovery based on right after fatigue-induced exercise, the athletic dynamic recovery and the aquatic dynamic recovery showed the significant larger decrement than static recovery.



I. 서론

1. 연구의 필요성

조정경기는 2,000 m의 정해진 거리를 빠른 시간에 주파해야 하는 대표적인 고강도 지구성 종목으로서 강하고 빠른 근 수축을 계속적으로 발휘하여야 하며 유·무산소성 운동 능력이 경기력에 밀접한 관계가 있다. 이러한 운동 능력의 활성화 및 효과적인 발휘를 위하여 조정선수들에게 다양한 고강도 트레이닝이 적용되고 있다.

트레이닝은 운동자극에 대한 인체의 적응성을 이용하여 체력을 높이려는 것이므로 피로는 트레이닝에 필연적으로 수반되는 생리적 현상이다. 운동에 의한 피로의 주된 원인은 에너지의 고갈, 근육(말초)에 피로물질 축적, 생체 내의 항상성 파괴, 신경조절기능의 실조 등을 들 수 있다(芳賀 및 大野, 2003). 따라서 피로는 정신적 우울 상태와 같이 본질적으로 심리적인 문제로 생각될 수도 있으며, 또는 운동 시에 나타나는 생리적인 문제와 연관되어 있다.

운동 피로에 중요한 영향을 미치는 피로유발 물질인 젖산(Lactate), 암모니아(ammonia), 젖산탈수소효소(LDH: lactic dehydrogenase), 크레아틴키나아제(CK: creatine kinase)는 에너지 대사 과정을 바탕으로 운동능력, 피로양상분석의 지표(강희성 등, 2001; Jacob, 1986), 에너지 대사 과정 중 ATP-PC 시스템의 동원능력을 나타내주는 지표로 선수들의 경기력 향상, 트레이닝 효과 분석, 과도한 트레이닝 정도 및 운동 강도조절 기준치(Jennifer & Jeffrey, 2001)로 이용되고 있다. 운동 시 이러한 피로물질의 축적은 운동 강도, 시간, 형태, 환경에 따라 다양한 변화를 가져온다(김기진, 2001; 김정규 및 문희원, 2004; 박영진, 2002; 이용진, 2003). 그리고 지구성종목은 경기 시 피로의 지연이 경기력에 직접적인 영향을 미치게 된다. 하지만 주로 지구성 종목 선수의 컨디션에 영향

을 미치는 오버트레이닝과 관련한 만성적 피로가 심리적·생리적 장애의 질환을 가져 오는 것(이종각 등, 1994)으로 볼 때, 피로의 지연 보다는 피로회복이 선수들의 컨디션 유지와 질병의 예방에 중요할 것이다.

피로회복은 대사 작용에 의해 축적된 부산물의 제거, 소모된 에너지원의 보충, 항상성의 회복, 중추신경 피로의 회복 등이다(이종각 등, 1994). 특히 운동 후에 회복기 과정에서 젖산 및 피로유발 물질의 신속한 회복은 운동 중 체내의 피로유발 물질 축적으로 초래되는 운동능력의 저하 방지는 물론 새로운 운동부하를 지속할 수 있다는 점에서 운동 직후 축적된 젖산 및 피로유발물질을 보다 빨리 제거함으로써 피로를 빨리 회복할 수 있다. 과도한 운동으로 인한 피로물질인 젖산의 빠른 제거가 곧 피로의 신속한 회복 및 운동수행 능력을 증가시킬 수 있다는 것이다(Bourdin, Messonnier & Lacour, 2004; Faye et al, 2002; Hansen, Clausen & Nielaen, 2005). 또한 피로회복의 시간 단축은 다음 운동을 위한 준비로써 더욱 효과적인 트레이닝을 계획하고, 피로의 원인으로 발생하는 운동 상해를 예방하는데 중요하다(최재현, 김종원 및 김수진, 2005).

대표적인 피로회복 방법으로는 휴식과 수면 등의 안정성 회복(오소현, 구현정 및 이종각, 2004)과 적정 회복강도의 런닝(박은지, 구현정 및 이종각, 2004), 마사지와 스트레칭(육조영 및 이윤정, 2005), 냉요법 및 반신욕(최재현, 등, 2005) 등의 활동성 회복이 있으며, 많은 피로회복 연구에서 운동 후 동적 휴식이 정적 휴식보다 효과적이며 계속해서 효과적인 회복 방법이 연구되고 있다. 또한 다양한 방법이 적용되어 피로 유발물질이 제거되고 회복시간이 빠른 것으로 연구 되었다(권유찬, 백종희, 채종훈, 윤미숙 및 박상갑, 2001; 맹희정, 2002).

그러나 고강도 지구성 종목의 대표적인 종목인 조정선수를 대상으로 한 활동성 피로회복에 관한 연구가 거의 없으며, 육상에서의 동적 피로회복과 수중에서의 동적피로회복을 통한 피로회복에 관한 연구도 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 고강도 지구성 종목으로 대표적인 조정선수들을 대상으로 로잉 에르고

미터 2,000 m 수행 후 육상 정적피로회복, 육상 동적피로회복, 수중 동적피로회복을 적용하여 이들 피로회복 방법 간의 피로유발물질인 혈중 젖산, 혈장 암모니아, 혈장 젖산탈수소효소, 혈장 크레아틴키나아제 변화의 차이를 규명하여 효과적인 피로회복 방법으로 운동수행능력 유지 및 향상에 도움을 줄 수 있는 기초자료를 제시 하는데 연구의 필요성이 있다.

2. 연구의 목적

본 연구는 조정선수를 대상으로 로잉 에르고미터 2,000 m 수행 후 육상 정적회복, 육상 동적회복, 수중 동적회복을 적용하여 회복방법 간에 피로유발물질의 변화를 비교분석하고, 조정선수들의 피로회복방법에 관한 효율성 제고 및 경기력향상에 도움을 주는 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.



3. 연구의 문제

본 연구에서 조정선수들의 로잉 에르고미터 2,000 m 수행 후 피로회복 방법에 따른 피로유발물질 비교분석의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 회복방법 간에 혈중 젖산농도 변화의 차이를 규명 한다.
- 2) 회복방법 간에 혈장 암모니아 변화의 차이를 규명 한다.
- 3) 회복방법 간에 혈장 젖산탈수소효소 변화의 차이를 규명 한다.
- 4) 회복방법 간에 혈장 크레아틴키나아제 변화의 차이를 규명 한다.

II. 이론적 배경

1. 조정 경기의 이해

1) 조정 경기의 기본적 특성

조정경기는 체력을 바탕으로 높은 강도의 동적인 운동을 수행하면서 장비를 이용하여 최대한 신속하게 2,000 m의 거리를 이동하는 형태로 경기가 구성된다. 즉, 2,000 m의 거리를 가장 짧은 시간에 주파하는 기록을 경쟁하는 기록경기에 해당하지만, 기록자체의 중요성보다도 끝인지점에 도착하는 순위에 의해서 우열을 결정하는 경기이다. 이는 수상에서 서로 경쟁하는 경기로서 풍향, 풍속, 기온 등에 의한 외부적 환경조건이 기록에 중요한 영향을 크게 미치기 때문에 기록자체에는 그 중요한 의미를 부여하지 않게 되는 것이다. 조정경기는 기본적인 유형에서 스위프(sweep)와 스컬(scull)로 구분되는데, 스위프는 약 4 m의 길이를 가진 1개의 노를 이용하여 배의 한쪽 면에서 노젓기를 실시하는데 반해서, 스컬은 약 3 m길이의 작은 노 2개를 이용하여 배의 좌, 우측면에서 노젓기를 실시하는 종목이다. 일반적으로 분당 28-40회의 빈도로서 당기는 동작에 의한 노젓기를 실시하여 배가 선수의 뒤쪽 방향으로 진행토록 하는데, 앞, 뒤로 미끄러지면서 움직이는 시트에 앉아서 하지의 무릎관절을 중심으로 신전 동작에 의해서 노젓기를 실시한다. 따라서 상체와 하체를 모두 이용하는 전신 운동에 해당하는 종목이다. 기본적으로 스위프 종목은 2명, 4명, 및 8명이 각각 한 팀으로 구성되는 종목으로 나누어지는데, 2명 및 4명이 한 팀이 되는 종목은 선수들의 전체적인 호흡일치와 배의 진행 방향에 도움을 주는 1명의 키잡이(coxswain)를 두는 경우와 두지 않은 경우로 구분되며, 가장 많은 인원으로 구성되는 에이트종목은 8명이 한 팀을 구성하며 항상 따로 1명의 키잡이를 두게 된다. 이때 추가되는 키잡이는 남자선수의 경우 체중 50 kg, 여자선수의 경우

체중 40 kg을 초과하지 않도록 규정되어 있다. 스쿼트 종목은 1명, 2명, 및 4명이 각각 한 팀이 되는 종목으로 나누어지는데, 스윙프 종목과 다르게 모두 별도의 도움을 주는 1명의 키잡이를 두지 않는 특성을 가지게 된다.

조정경기는 경기 당일의 풍향, 풍속, 기온 등에 의한 외부적 환경조건에 의해서 기록의 차이를 크게 나타내기 때문에 기록자체에는 의미를 두지 않으나, 기록의 변화와 관련하여 조정경기의 역사적 변천과정을 살펴볼 수 있다. 1893년 국제조정연맹에 의해서 경기가 시행된 이래 전반적으로 매년 0.8초의 기록향상을 나타내고 있는데, 1974년에서 1988년에 이르기까지 남자종목의 경우 중량급 종목은 6.5분의 기록을 나타내고 있으며, 경량급 종목은 6.6분의 기록을 나타내고 있다. 여자선수들은 중량급 종목에서 7.1분, 경량급종목에서는 7.7분의 기록을 나타내면서 남자선수들에 비해서 약 11%의 기록 열세를 나타내고 있는 경향이다.

이러한 기록의 변화는 전체적으로 조정선수의 체격적 변화, 역학적 이론의 적용을 비롯한 다양한 노력에 의한 경기기술의 발달, 선수들의 경기력 향상을 위한 체력 트레이닝의 과학과 장비 자체의 소재 및 장비와 관련된 과학적 리깅(rigging)기술의 향상 등이 중요한 영향을 미쳐왔다.

이러한 관점에서 조정경기의 경기력을 결정하는 요인들은 기본적인 요인들로서 선수 개인의 체격, 체력, 장비 및 주변의 환경적 요인 등을 들 수 있으며, 조정선수의 경기력 향상을 위한 트레이닝 요인으로서 체력, 기술 및 정신력 등을 들 수 있다. 또한 경기상황에서는 선수 개인의 적절한 컨디션닝, 전술, 정신적 요인, 관련 정보 및 주변 환경적 제약의 적절한 극복방안 등을 들 수 있다. 이러한 경기력 관련요인을 고려해볼 때 인위적 노력을 통해서 경기력 향상을 꾀할 수 있는 범위의 대부분은 선수 개인과 관련된 요인들로서 체격 및 체력의 향상을 들 수 있을 것이다(이영익, 2002).

2) 조정선수의 체격적 특성

조정선수는 배가 가지는 추진력을 향상시키기 위해서 기본적으로 큰 신장과 높은 체중을 가진 선수가 요구된다. 즉, 신장이 클수록 노의 움직임 범위를 보다 크게 할 수 있다는 관점에서 유리하게 되는 것이다. 역대 올림픽대회에서 각 종목별로 우승을 차지한 남자선수들은 192 cm의 평균 신장과 92 kg의 평균 체중을 나타내며, 여자선수들은 평균 신장이 180 cm, 평균체중이 79 kg을 나타냈다(Ziffren, 1984). 유타페어종목에서 선수 1인당 배가 주어지는 무게는 약 41 kg을 나타내며 이러한 상황에서 체중 90 kg의 선수로 구성되는 경우에는 70 kg의 선수로 구성될 경우에 비해서 약 2.0%의 유리한 상황을 가지게 되며 무타페어종목에서 선수 1인당 주어지는 배의 무게를 14 kg 감소시키는 상황에서는 유리한 상황이 약 1.0%의 감소를 나타낸다고 보고된 바 있다(Secher & Vaage, 1983). 선수의 체중 및 체격의 크기를 고려한 기록의 수학적 모델에 의한 분석에서는 체중이 클수록 유산소성 에너지를 생성할 수 있는 능력이 높다는 관점에서 유리하게 작용하며, 이러한 체중요인을 고려하지 않게 되는 부분은 무산소성 대사능력을 들 수 있는데, 경기거리가 2,000 m보다 더욱 짧을수록 무산소성 대사능력이 더욱 중요하게 작용하며, 아울러 신장의 크기가 더욱 중요한 의미를 가지는 것(Jensen, Secher, Fiskestrand, Chtistensen & Lund, 1984)으로 간주되면서 체격이 영향을 미친다고 볼 수 있다. 또한 상지장과 체중의 크기가 중요한 요인에 해당하는데, 신체구성과 관련하여 낮은 체지방률의 분석결과에서는 남자선수의 경우 11%, 경량급 남자선수의 경우 9%, 여자선수들의 경우 14%를 나타낸다고 보고된 바 있다(Hagerman, F. C., Hagerman, G. R. & Mickelson, 1979).

3) 조정선수의 심폐기능

조정경기에서는 스피드의 증가 시 산소섭취량이 증가되는 양상을 나타내면서 보다 많은 에너지소비량을 나타내게 된다. 이러한 에너지소비량의 생성에 이용되는 주된 에너지시스템과 상대적으로 중요성에 대한 정확한 분석이 요구된다. 조정경기에서 소비되는 산소섭취량은 대부분 배의 진행은 물론 선수가 노를 짓는 상황에서 시트를 앞뒤로 이동시키는데 이용된다. 그러나 실제로 시트의 이동에 소비되는 산소섭취량은 직접적인 경기력에 공헌하는 부분에 해당하지 않기 때문에 이를 최대한 낮추면서 순수하게 배의 진행을 위해서 소비되도록 그 효율성을 높이는데 관심을 가져야 할 것이다. 조정경기에서 요구되는 산소섭취량은 약 6.6-7.0 l/min에 해당하는 것으로 분석된 바 있는데, 이러한 분석 시 역학적 운동량과 산소섭취량에 근거한 에너지 투입량의 상대적 효율성의 고려가 강조된다. 이와 관련된 분석결과에 조정선수의 에너지소비의 효율성과 관련하여 매우 낮은 수준을 나타내며, 선수의 노젓기 빈도가 중요한 영향을 미치는 것으로 간주되어 왔다. 이와 관련하여 di Prampero, Cortili, Celentano & Cerretelli(1971)은 분당 25회의 빈도에서 약 18%의 효율성을 나타내는데 반해서 분당 35회의 스트로크 빈도에서 약 20-23%의 효율성을 나타낸다고 주장하였다. 이러한 에너지소비 양상을 고려할 때 결과적으로 효율성을 높이면 산소섭취량에 근거한 에너지 투입량을 높이는 것이 경기력 향상에 중요한 의미를 가진다. 상대적으로 중요한 범위를 차지하는 유산소성 대사과정의 활성화를 위해서 조정선수는 심폐기능이 중요한 요인으로 작용하게 되는 것이다. 조정경기 시 나타나는 심박수의 변화를 토대로 생리적 운동 강도를 살펴보면, 190-200회/분의 높은 강도를 유지하되, 트레이닝 수준에 따라서 다소의 차이를 나타낸다(Hagerman, 1984). Secher, Vaage, Jensen & Jackson(1983)은 국제경기에서 우승한 14명의 남자우수선수들을 대상으로 경기상황에서 나타난 심박수의 변화를 분석한 결과, 185±3 회/분을 나타낸다고 보고하였다. 이러한 생리적 운동 강도

를 고려해볼 때 심폐기능의 중요성이 더욱 뒷받침 된다고 할 수 있다.

조정선수의 심폐기능과 관련된 요인분석은 주로 최대산소섭취량에 대한 분석이 이루어져 왔는데, 실험실에서의 분석은 조정선수의 특성을 고려하여 Concept II 에르고미터와 Gjessing 에르고미터를 이용하여 운동부하를 실시하는 과정에서 분석되어 왔다. 최대산소섭취량의 분석을 위해서 적용한 운동부하 방법은 6분 테스트와 점증적 최대운동부하에 의한 올라웃 유도방법이 적용되어 왔다. 이러한 운동부하방법의 타당성에 대한 검증에서는 2가지 운동부하방법이 거의 동일한 최대산소섭취량을 나타냄으로서 거의 문제점이 없는 것으로 간주되어 왔다(Mahler, Andrea, Andresen, 1984). 즉, 최대산소섭취량은 점증적으로 운동 혹은 6분 테스트에 의해서 all-out에 이르는 최대강도에서의 산소소비량에 해당하는 것으로서 심폐기능의 유용한 지표로 받아들여져 왔다. Krebs, Zinkgraf & Virgilio(1983)은 경기력의 결정요인에는 다소의 부가적 요인이 영향을 미치기 때문에 단편적인 결과로만 결론을 내리기는 어렵다고 볼 수 있으나, 역시 심폐기능은 매우 중요한 항목에 해당한다고 주장하였다.

이러한 분석방법에 의해서 보고된 주요 결과들을 살펴보면, Hagerman et al.(1979)은 여자선수들의 경우 4.1 l/min , 경량급 남자선수들의 경우 5.1 l/min 을 나타낸다고 보고한 바 있다. 또한 Grujic, Secher, Bajic, Turkulov & Bacanovic(1987)은 초보선수들의 경우 3.8 l/min , 3-4년의 경력을 가진 선수는 4.3 l/min 을 나타내는데 반해서 우수선수들의 경우 5.3 l/min 이상을 나타낸다고 주장하면서 조정선수의 경기력과 최대산소섭취량이 높은 관련성을 가진다고 주장하였다. 또한 Secher, Espersen, Binkhorst, Andersen & Rube(1982)은 세계적 조정경기대회에서 우승한 선수들을 중심으로 최대산소섭취량을 분석한 결과 대부분의 선수가 6.1 l/min 이상을 나타낸다고 주장하였다. 이러한 결과에 비해서 국내 정상급선수들의 심폐기능은 남자는 5.0 l/min 이하를 나타내며, 여자선수는 4.0 l/min 이하를 나타냄으로서(이영익, 1996), 국내선수들이 국제대

회에서 우수한 성적을 나타내지 못하는 중요한 원인을 심폐기능의 현저한 열세에 기인한다는 주장이 대두되어 왔다.

심폐기능과 관련된 변인은 그 대표적인 항목으로서 최대산소섭취량이 가지는 제한성에 비추어 무산소성 역치 수준의 중요성이 강조되어 왔는데, 무산소성 역치수준은 심폐기능의 중요한 지표(Costill, 1986), 트레이닝 프로그램 수립시 강도설정의 기준, 지구성 트레이닝의 교화를 평가하는 지표 등으로서 널리 적용되고 있다.

4) 조정선수의 근 기능 및 무산소성파워

조정경기에서 요구되는 근 기능은 악력, 완근력, 배근력 및 하지근력 등 전신의 근력이 모두 중요한 영향을 미친다고 볼 수 있다. Secher(1975)는 조정선수의 신체 각 부위별 근력을 분석한 결과, 악력이 가장 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 실제적으로 중요한 근력은 국소적인 근력보다는 신체 전반에 의해서 발휘되는 무산소성 파워의 중요성을 강조한 바 있다. 근력과 관련된 연구결과는 근기능이 힘 및 속도가 가지는 요인 간 관련성이 고려되어야 함을 의미하는 것으로서, 조정선수가 경기상황의 스피드에서 발휘해야 하는 기본적인 힘의 범위가 남자선수는 700-900 N에 해당하며, 여자선수는 약 500 N을 나타낸다(Mason, Shakespear & Doherty, 1988)는 관점에서 이를 고려한 속도의 유지가 요구되는 파워를 발휘해야 할 것이다.

근 기능의 발휘는 여러 가지 요인이 영향을 미치게 되는데, 가장 기본적인 요인으로서의 근섬유의 구성을 들 수 있다. 조정선수의 근섬유 구성과 관련된 분석결과를 살펴보면, 지근섬유가 70-74%의 높은 범위를 나타내지만, 근섬유 1개당 횡단 면적이 일반인의 2배 수준에 해당하는 5,974-6,546 μm^2 의 범위를 가진다고 보고된 바 있다(Hageman & Staron, 1983).

또한 조정경기는 경기상황의 부분에 따라서 페이스의 변화가 현저하게 나타

나는데, 초반부와 후반부의 라스트 스피트 과정에서는 상대적으로 무산소성 대사과정의 중요성이 강조되어 왔다. 이와 관련하여 Secher, Vaager & Jensen(1983)은 초반부 40초 동안과 후반부 500m구간에서는 약 40-50회의 높은 스트로크이 요구되며, 이러한 요구에 대해서 적응하기 위한 높은 무산소성 파워의 필요성을 강조한 바 있다.

Szogy & Cherebetiu(1974)는 조정선수를 대상으로 6분 테스트 시 약 38%의 무산소성 대사가 요구된다고 하였으며, Hageramn et al.(1979)은 약 30%의 무산소성 파워는 에너지 시스템중 산소의 이용 없이 ATP-PC 시스템 및 젖산시스템의 동원을 바탕으로 짧은 시간동안 효율적인 운동수행능력을 의미하는 것으로서, 그 측정방법은 여러 가지 방법이 제기되어 왔으나 최근 가장 적절한 방법으로 받아들여지고 있는 것은 자전거에르고미터를 이용하여 30초간의 최대운동을 수행토록 하여 그 파워와 혈중 젖산농도의 변화를 분석하는 윈게이트 테스트(Wingate test)이다. 이 방법은 체중을 고려한 저항을 부하하여 30초 동안 최대운동을 수행토록 하여 자전거 에르고미터와 연결된 컴퓨터상에서 파워의 발현정도를 측정하여 평균파워, 최고파워 및 피로지수 등을 산출하는 방법이다. 이러한 방법을 조정선수에게 보다 정확하게 적용하기 위해서는 조정경기의 특수성을 고려하여 로잉 에르고미터를 이용한 최대운동부하방법의 적용이 요구될 것이다. 무산소성 대사능력은 근섬유에 이미 저장되어 있는 ATP의 동원능력과 글리코겐의 분해 능력이 중요한 변수로 작용하며, 젖산대사 활성화 및 체내 산성화에 대한 내성능력도 변수로 작용하며, 특히 그 내성능력은 무산소성 지구력의 중요한 요인으로 작용하게 된다. 따라서 무산소성 능력도 우리가 흔히 제시하는 순발력의 측면과 젖산대사 및 그 내성과 관련된 무산소성 지구력의 측면도 함께 고려해야 한다. 조정선수의 무산소성 능력과 관련된 분석에서는 경기력이 우수한 선수일수록 높은 무산소성 파워를 나타내는 것으로 알려져 왔다(이영익, 2002).

2. 피로의 이해

1) 피로

Mutch & Banisher(1983)는 피로(fatigue)를 장기간의 운동이나 계속되는 자극에 의해서 한 기관이나 그 기관의 일부 반응이나 기능이 감소되는 것으로 정의하였고, 이종각 등(1994)은 근 수축 활동에 필요한 힘과 파워를 충분히 발휘하지 못하거나 유지하지 못하는 상태라 말했다. 운동수행에 의해 피로가 유발되는 경우에는 피로를 유발시키는 종류와 운동의 형태 그리고 근 수축의 여부에 따라 달라진다고 보고 있으며, 이러한 피로를 유발시키는 기전은 중추적 원인과 말초적 원인의 두 가지로 설명되고 있다. 하지만, 피로가 전적으로 중추신경계(CNS : Central Nerve System)에서 비롯된다고 보지 않으며, 또한 활동근에서 발생하는 대사적 변화에 의해서만 피로가 조절된다는 말초피로 개념만으로는 운동에서 나타나는 다양한 피로의 양상을 설명하지 못한다(Noakes & St Clair Gibson, 2004)는 한계성을 가진다.

(1) 중추피로

중추신경계를 피로와 연관시킨다면, 크게 중추신경계에 의한 운동단위(motor unit)동원 수준과, 신경적 요인을 들 수 있다. 정통적인 에너지 고갈 가설에 의하면, 모든 운동 형태에서 탈진(exhaustion)시점에 이르게 되면, 활동근 내 모든 운동단위들은 추가적으로 동원되어 탈진시점을 넘어서도 운동을 지속할 수 있게 해 주어야 하지만, 활동근 내 대사산물의 축적이나 에너지 고갈이 가용할 수 있는 추가적인 운동 단위의 동원을 직접적으로 저해한다고 하였다. 따라서 중추신경계는 운동단위 동원의 조절자이며, 운동단위 동원 수준에 따라 골격근에서의 힘 생성정도에 영향을 주고, 운동에 요구되는 힘 생성 유지에 관여

하는 역할을 하기 때문에, 결국 피로발생의 원인이 된다고 볼 수 있다(St Clair Gibson, Lambert & Noakes, 2001).

(2) 말초피로

Merton(1954)은 수의적 수축과 전기적 수축을 비교 실험한 결과, 수축력발휘에 차이가 없었으며, 중추신경계가 경기력 향상을 제한하는 요소가 아니고, 말초가 피로의 원인임을 주장하였다. 말초적 피로의 원인에 의한 피로의 발생은 근육의대사적 요인에 영향을 받으며, 근신경적요인, 피로물질의 축적과 에너지 기질의 고갈로 설명할 수 있다.

2) 운동과 혈중피로성분

인체의 체액 중 혈액은 전신을 순환하는 동안에 산소, 이산화탄소 운반을 비롯해서 각종 영양물질, 호르몬 등의 대사물질을 운반할 뿐만 아니라 그 외에도 생체 방어 작용, 조직액 이온, 삼투압, 체온 등을 조절하는 기능을 가지고 있다. 따라서 운동 후 혈액검사를 통한 생리 및 생화학적인 변화를 분석하는 것은 기전에 대한 이해뿐만 아니라 운동을 수행할 수 있는 능력과 운동 수행의 교화 및 근 손상 및 피로를 판단할 수 있는 중요한 지표가 된다(현송자, 정태성 및 유승민, 2002).

(1) 피로물질

근육에서의 피로발생 기전은 대사산물 축적과 에너지 기질의 고갈에 의한 활동능력의 저하라는 측면에서 축적 산물이 인체 내에서 피로 진전에 미치는 역

할과 에너지 고갈의 관련성에 대해서 다양하게 연구되어 (Mutch & Banister, 1983) 많은 연구에서 젖산, 수소이온(H⁺), 암모니아(NH₃), 그리고 무기인(Pi)의 축적을 피로의 지표로 이용하고 있다.

① 젖산

젖산은 치료 정도를 추정하기 위해 널리 이용되는 물질 중 하나로서 그 생성에 영향을 미치는 기전들은 매우 복잡하지만, Gollnick & Hermansen(1973)에 의하면 산소운반, 신체 운동의 형태, 근육 섬유 내 대사적 제한과 같은 요인들이 이에 속한다고 하였다.

탄수화물, 지방, 단백질과 같은 영양소는 각기 다른 산화과정을 거쳐 신체활동에 필요한 에너지를 내는데, 탄수화물 저장 형태인 글리코겐은 심혈관계가 근육활동에 필요한 산소를 충분히 혈액을 통해 전달할 수 있으며 피루브산(pyruvate)으로 전환되어 미토콘드리아로 들어가 이산화탄소와 물로 완전히 산화되어 에너지원으로 쓰이게 된다. 그러나 운동부하가 개인의 체력 수준을 넘어서면 활발하게 수축하고 있는 근육에 산소가 충분하게 공급되지 않게 되면서 불완전하게 연소되어 피루브산은 젖산으로 전환된다.

운동 시 근육 내 젖산 생성과 축적은 세포내 pH를 떨어뜨리고, 근육의 수축과 이완 활동을 억제하며, 근형질 세망, 미토콘드리아(mitochondria) 및 효소의 활동에 부정적인 영향을 미치게 된다. 젖산 축적으로 인한 세포의 산성화가 피로를 유발시킨다는 이론은 젖산 축적과 동반된 수소이온의 축적으로 신체가 산성화되고 산성화의 결과로 세포에서 인산부가 가수분해효소b(phosphorylase b)에서 인산부가 가수분해효소 a(phosphorylase a)로의 전환이 늦어질 뿐만 아니라, 가수분해효소 a의 최대수치도 감소되고, 해당 작용과 다른 대사에 관련된 효소의 작용을 억제하여 ATP 합성을 저해하게 되어 결과적으로 피로의 원인

이 된다는 기전이다(Metzher, 1992). 운동 시 근육의 피로는 주로 수행하는 운동의 강도와 기간에 따라 달라지는데, 몇몇 연구가들은 강한 운동 시 근육의 피로를 젖산축적과 연관시켰다(Karlsson & saltin, 1970 ; Hermansen & Osen s, 1972).

운동 시 근육의 피로 정도는 주로 수행하는 운동의 강도와 기간에 따라 달라지는데, 비교적 운동 강도가 강하고 짧은 시간 내에 이루어지는 운동 부하에서 젖산이 축적되며, 이는 젖산의 생성비율이 높아져 젖산을 제거하는 비율이 더 이상 보조를 맞추지 못하기 때문에 젖산이 축적되기 시작하는 것이다.

그러나 운동 시간이 장기화되고 운동 강도가 적당한 상태에서 충분한 산소가 공급된다면 젖산은 간에서 당 신생 과정의 전자(precursor)의 하나로 글리코스로 전환되어 다시 에너지원으로 사용되게 된다(Brooks, 1985).

② 암모니아(NH₃)



혈장 암모니아농도 역시 운동으로 인한 피로의 정도를 잘 반영하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 암모니아의 생성기전은 크게 두 가지로 설명되는데, PNC(purine nucleotide cycle)과 단백질 이화작용이 그것이다. 짧고 강한 강도의 운동 시 골격근에서의 암모니아 생성은 PNC를 통해서 이루어지게 되는데, 이러한 필수 불가결한 과정에 의해서 생성된 암모니아는 독성을 가지고 있으며, 운동 시 피로 유발 요인으로서 작용한다고 알려져 있지만(Banister & Griffiths, 1972), 암모니아 그 자체가 피로를 유발하는 요인으로서의 타당성 검증에 대해서는 아직도 불분명한 상태이다. PNC에 의한 글루타민산염(glutamate)의 탈아미노 반응은 근육이나 뇌에서 AMP가 세포질에 존재하는 아데닐레이트 데아미나제(adenylate deaminase)에 의해 탈 아미노 반응을 일으켜 IMP(inosine monophosphate)와 암모니아가 형성되며, 글루타민산염은 α -ketoglutarate로 된다.

탈아미노반응에서 생긴 암모니아는 자유롭게 미토콘드리아 막을 통과한다. 혈액 중의 전 암모니아 양의 1%는 NH_3 형으로 존재하고 나머지는 암모늄이온 (NH_4^+) 형으로 존재한다. 암모늄이온은 형질막이나 미토콘드리아 막을 통과할 수 없다. 암모니아는 뇌에 특별하게 강한 독성을 나타내며 10^{-3} mol/l 이상의 농도가 되면 혼수상태로 된다(Mutch & Bainister, 1983). 이러한 독성은 암모니아가 TCA 회로의 구성성분인 α -ketoglutarate를 제거하기 때문인 것으로 생각되어지고 있다. 뇌에서는 글루타민(glutamine)을 생성하여 암모니아를 간이나 신장으로 운반한다.

PNC에서의 암모니아 생성은 짧고 강한 강도의 운동조건에서 일어나는 반면, 장시간 운동이 지속되는 조건에서는 단백질 이화작용에 의해 암모니아가 생성된다. 즉, 운동시간이 장기화될수록 체내 저장된 글리코젠은 감소하고 운동 시 에너지원으로서 단백질 특히, 골격근에서의 BCAA(branched amino acid; leucine, isoleucine, valine) 산화가 증가하게 된다. 아미노산이 분해되는 과정은 탄수화물이나, 지방과는 다르게 다소 복잡한 두 가지 과정을 거치게 되는데, 바로 아미노기 전이(transamination)와 탈아미노반응(deamination) 과정이다. 이 두 가지 과정은 모두 암모니아를 전달하고 제거하기 위함인데, 아미노산이 산화되는 과정에서 크렙스 회로 중간자인 α -ketoglutaric acid를 이용하게 된다.

그런데 만일 장시간 운동으로 체내 글리코젠 저장량이 감소하고 BCAA(branched-chain amino acids)의 산화가 증가하게 되면 BCAA가 산화되는 과정에서 이용하는 크렙스회로 중간자인 α -ketoglutarate 농도는 감소하게 된다. α -ketoglutarate의 감소로 글루타민산염 역시 감소하게 되는데 이는 글루타민 생성을 감소시키게 되어 아미노기 전이에 지장을 초래할 뿐만 아니라, 글루타민으로부터 암모니아를 제거시키는 과정인 탈 아미노기도 비활성 되어 제거되어야 할 암모니아가 요소(urea)로 제거되지 못하게 되고 결국 체내 축적되게 된다.

3) 근 손상 지표물질

운동과 관련된 근 통증은 운동 직후의 근 통증과 지연된 근 통증(DOMS ; delayed onset muscle soreness)으로 나눌 수 있다. 운동 직후의 근육통은 피로의 시점까지 수행되는 격렬한 운동 중 또는 운동 직후 나타나는데 그 원인은 운동 근육에 젖산과 칼륨 같은 신진대사 산물의 일시적인 생성과 부적절한 혈액의 공급과 산소의 부족으로 인한 피로 때문(Miller, Bailey, Barnes, Derr & Hall, 2004)이라는 이론이 있으며 이것은 운동 후 혈액과 산소의 공급이 충분하면 빠르게 사라진다.

DOMS는 발생 후 24-48시간에 최고조에 달하며 8-10일 후 완전히 사라지는데 근력의 약화와 관절 운동범위의 감소를 초래하는 것은 익숙하지 않은 운동 후 나타나는 골격근의 통증이라 하였으며(Vickers, Fisher, Smith & Wyllie, 1997), 일상생활동작 뿐만 아니라 재활을 방해할 수 있는 보편적인 문제점이라고 하였다.

이러한 DOMS의 원인은 오랫동안 연구되어 왔는데, 운동 직후의 근육통과 같이 젖산의 축적 때문이라는 이론은 운동 후 발생된 혈액과 골격근의 젖산은 1시간 정도의 휴식을 취하면 대부분 제거되기 때문에 부정되고 있다(Donnelly, Clarkson & Maughan, 1992).

Brown, Child, Day & Donnelly(1997)은 근손상과 관련하여 CK, LDH, GOT (glutamic-oxaloacetic transaminase)의 활동성을 관찰하였지만, Kuipers, Keizer, de Vries, van Rijthoven & Wijts(1994)은 CK의 활동성이 골격근의 손상을 나타내는 지표로서 널리 사용되고 있으나 구조적 손상의 정도를 반영하지는 못하는 것으로 인정하였다.

하지만 CK는 다른 근 단백질에 비하여 증가량이 가장 많으며 분석비용 또한 저렴하기 때문에 근 손상의 지표로서 가장 많이 이용되고 있는 물질이다. 내리

막 달리기 등의 신장성 수축에 의한 CK의 활성도는 12-24시간 후 가장 높은 수치를 보이며 100-600IU 까지 상승하는 반면(Byrnes, Clarkson & White, 1985), 최대강도의 운동 이후에는 48시간 이후에도 최대농도에 도달하지 않으며, 4-6일 후 2,000IU이상으로 증가한다(Clarkson et al., 1992). Saxton & Donnelly (1995)은 고강도의 신장성 운동 후 가벼운 운동을 해 주는 것이 신장성 운동 이후 휴식을 취하는 것에 비하여 CK의 활성도 증가율을 낮추는데 효과적이라 보고하였다.

일반적으로 효소는 근육활동에 필요한 에너지 대사를 조절하는 중요한 인자로서(Noakes & St Clair Gibson, 2004), 혈중 CK와 LDH의 농도는 장시간의 신체활동에 의한 근 손상의 정도와 신체의 단련정도를 잘 반영하는 지표로 이용될 수 있다(Miles & Clarkson, 1994).

근육 손상과 지연된 근 통증에 대한 정확한 기전은 아직 밝혀지지 않았지만, 운동 후 근육 손상의 지표인 혈중 CK와 LDH 농도의 지속적인 증가 현상은 아마도 근육 손상에 따른 급성적인 염증 반응 후 식세포의 증가된 활동에 의한 것으로 볼 수 있고 (Faulkner, Brooks & Opitck, 1993). CK는 ATP-PC 계를 조절하는 주효소이고, LDH는 당질의 이화 및 동화작용의 평형을 이루는 주효소이다. 이러한 혈중 CK와 LDH 농도는 운동 시 근조직의 에너지기질(ATP, glycogen)의 고갈, 세포내 저산소증, 대사과정에서 생성된 유리기(free radical)의 증가로 인한 세포막 투과성의 향진이 그 원인이 되어 증가하게 된다.

생체 조직 내 CK 농도는 골격근에서 가장 높으며 (Ebbeling & Clarkson, 1989), 건강한 근육에서 안정시 CK는 원형질 내에 존재하므로 혈중 농도는 낮게 나타난다. 하지만 운동을 통하여 근 조직이 손상되면 세포막 투과성(epicytepermeability)이 증가하고 이에 따라 CK가 세포 간질액으로 이동하기 때문에 혈중 농도가 높아진다. 따라서, 혈중 CK 농도는 근 질환 또는 근 손상을 추정하는 지표로 사용될 수 있다.

운동에 의한 근 피로나 손상에 관한 연구는 다양한 조건하에서 실시되었으며, 운동의 형태, 강도, 피험자의 상태 등에 따라 농도 및 그 변화 추이가 다르다는 것이 입증되었다.

최근에는 일반적인 수축 형태와 비교해서 고강도의 저항 운동과 내리막 달리기와 같은 이심성(eccentric)수축의 운동 형태에서 근육 손상의 간접적인 지표로 이용되고 있는 혈중 성분의 변화와 근육 손상 발생 및 지연 효과에 관한 많은 연구결과 등이 보고되고 있다(Gleeson et al., 1998; Horita, Komi, Nicol & Kyfolainen, 1999; Nosaka, Newton & Sacco 2002).

이경숙(2003)은 편마비 환자를 대상으로, 8주간의 근력 훈련 후의 혈중 지질과 IGF-I의 농도 변화를 관찰하기 위해 등장성운동 방법을 사용하였고, 김정규 및 이복환(2002)은 신장성 수축이 혈중 CK의 활성화 및 테스토스테론(testosterone)과 코티졸(cortisol)분비 비율에 미치는 영향을 관찰하기 위해 내리막 달리기를 이용하였으며, Miyama & Nosake(2004)은 반복적인 drop jump를 통한 실험에서 바닥상태를 인위적으로 조절함으로써 효율적인 트레이닝 환경을 발견했다.

박영진(2002)의 ‘무도종목 선수들을 대상으로 한 혈중 피로물질 변화에 관한 연구’와 박종익(2002)의 ‘력비가 일으키는 근 손상에 관한 연구’ 들처럼, 최근에는 특정 종목에 대한 피로와 근 손상의 회복에도 관심을 가지고 있으며, 이와는 다른 시각으로 보조약물 투여가 피로지연과 그 손상에 미치는 영향에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다.

3. 선행연구

피로회복이란 피로의 원인들을 제거하거나 고갈된 물질을 보충하는 것으로 대사 작용에 의해 축적된 부산물을 제거, 소모된 에너지원의 보충, 항상성의 회복, 중추 신경 피로의 회복 등이다(이종각 등, 1994). 많은 연구에도 불구하고 피로의 원인과 기전에 대해 명확하게 밝혀지지 않았지만, 여러 학자들이 다양한 피로회복 방법을 연구하였다.

이러한 피로의 원인을 제거하는 방법으로 휴식과 수면 등의 안정성 회복(rest-recovery)과 적정 회복강도의 런닝(박은지 등, 2004), 마사지와 스트레칭(육조영 및 이윤정, 2005), 냉요법 및 반신욕(최재현 등, 2005)등의 활동성 회복(active-recovery)으로 크게 나눌 수 있다.

Newman, Dill & Edward(1937)은 회복 중에 혈액으로부터의 젖산 제거에 대한 연구를 통해서 혈액으로부터 젖산을 제거하는 속도는 에너지 대사율에 직접 비례하며 신체가 초과된 젖산을 제거하는 능력은 수행된 작업량에 비례하여 증가한다는 사실과 운동 후 혈액 내 축적된 젖산의 제거에 있어서 동적 휴식이 정적휴식보다 더 효과적이라 연구하였다.

Bonen & Belcastro(1976)은 지속적인 운동회복과 간헐적인 운동회복이 혈액 내의 증가된 젖산 제거에 미치는 영향을 비교하여 지속적인 운동회복이 간헐적인 운동회복보다 빠르게 젖산이 제거되었으며, 정적 휴식에 의한 회복 보다 두 배나 빨리 안정 시 수준으로 감소한다고 보고하였다.

Davies(1985)은 젖산 제거에 요구되는 회복성 운동의 최적 수준을 연구하여 $40\% \dot{V}O_{2max}$ 의 강도가 적절한 운동강도로 나타났으며, 박은지 등(2004)은 Wingate를 이용한 탈진상태의 최대운동 후 $\dot{V}O_{2max}$ 의 40% 강도로 회복 운동을 실시하였을 때 젖산 회복율이 가장 높았다고 연구하였다. 그러나 Fox(1981)은 활동성 회복운동의 최적강도로서 일반인의 경우 $30-40\% \dot{V}O_{2max}$ 로, 운동선수를

포함하여 장기간의 트레이닝을 실시한 경우 $50-60\% \dot{V}O_{2max}$ 가 적당하다고 주장하였다.

대부분의 피로회복 연구는 피로의 원인을 제거하는 활동성 회복에 관한 연구가 많이 이루어졌다. 이외 다른 피로회복 방법으로는 모세혈관의 순환 촉진과 근 긴장의 완화를 위한 마사지나 전기 자극 및 초음파 요법(권유찬 등, 2001), 중추신경의 흥분 완화와 대사산물의 제거를 촉진시켜주는 목욕 등의 열처리 요법(김유선, 2000), 등과 같은 다양한 피로회복방법 중 각 개인의 심신의 상태와 운동 강도, 운동시간, 운동 빈도, 기타 여러 환경들을 고려하여 개인에게 알맞은 회복방법을 적용하는 것이 피로회복에 더욱 효과적이다.



Ⅲ. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 전국규모 대회 출전 경력이 있으며, 조정선수 경력이 1년 이상 5년 이하의 B광역시외의 남자 조정선수로서 질병이 없고 건강상태가 양호한 선수 10명으로 하였다.

피험자의 신체적 특성은 <표 1>에 나타난 바와 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

구 분	age(yrs)	height(cm)	weight(kg)	% fat
M±S·D	18.80±1.45	184.50±3.59	84.62±10.15	14.57±5.26

2. 실험 설계

본 연구의 목적을 달성하기 위한 실험 설계는 다음과 같다.

본 연구는 동일검사자내 반복실험으로써 1주 간격으로 3차에 걸쳐 실시하였다.

피험자 10명을 대상으로 동일한 회복 운동 강도 설정을 위하여 사전검사를 통해 피험자의 개인별 HRmax 의 수준을 측정 후 80%강도의 피로유발 운동 강도와 60%의 동적회복운동 강도를 설정하였다.

1차(육상 정적회복), 2차(육상 동적회복), 3차(수중 동적회복)를 1주 간격으로 실시하였으며, 채혈은 총4회 안정시, 피로유발운동 직후(로잉 에르고미터 2,000 m), 20분간 회복처치 직후, 회복 30분(회복기 10분 직후)직후로 하였고 혈중 젖산, 혈장 암모니아, 혈장 LDH, 혈장 CK을 비교 분석하였다.

구체적인 실험 설계는 <그림 1>과 같다.

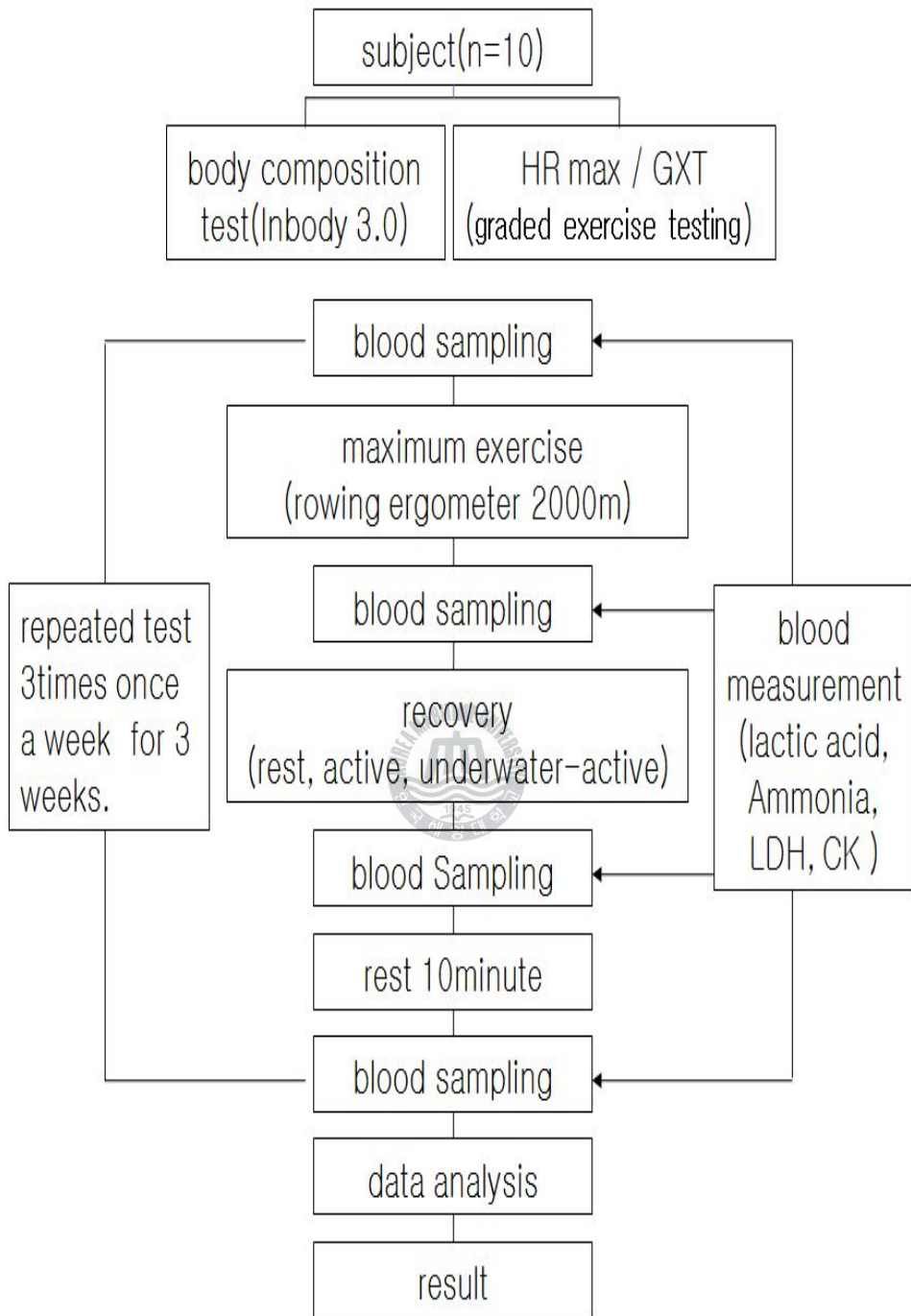


그림 1. 실험설계

3. 측정도구

본 연구를 위하여 사용한 측정도구는 <표 2>와 같다.

표 2. 측정도구

equipments	items	type	company
body composition analyzer	weight, % fat	Inbody 3.0	Biospace(USA)
GET(graded exercise testing)	$\dot{V}O_{2max}$, HRmax	Quark b2	COSMED, (Germany)
Rowing ergometer	maximum exercise	Cocept II	Cocept (USA)
Polar	pulsation	PE3000	Polar electro (Finland)
Portable Lactate analyzer	concentration of Lactate	Accutrend Lactate	ARKRAY Inc (Japan)
Cobas Integra	analysis of ammonia	Cobas Integra 800	Roche, (Switzerland)
ADVIA Lactate Dehydrogenase (P→L)	analysis of LDH	ADVIA 1650/2400	Bayer (Japan)
ADVIA Creatine kinase reagents	analysis of CK	ADVIA 1650	Bayer (Japan)

4. 실험측정 및 방법

1) 사전검사

본 실험의 피로유발운동 강도(80%) 및 회복운동 강도(60%)를 설정하기 위하여, 점증적 최대 운동부하 검사를 실시하였다. 트레드밀(Quinton, U.S.A)상에서 KISS프로토콜(김상수, 이원재 및 주성범, 2008)에 의한 점증적 최대운동 검사를 실시하였으며, 최초 부하는 경사도 6%로 고정하여 2분간 걷기 운동을 수행한 후 2분 간격으로 20 m/min씩 점증시켜 all-out에 이르기까지 실시하였다.

2) 피로유발 운동

본 실험의 실험실 환경은 온도 28-30℃, 습도 60-65%를 유지하였다. 피로유발 방법은 조정경기 형식과 최대한 흡사한 형태를 유지하기 위하여 로잉 에르고미터 2,000 m를 HRmax의 80% 수준에서 실시하였다. 이때 목표심박수의 통제는 로잉 에르고미터 자체의 Polar시스템으로 목표심박수[(최대심박수-안정시심박수) × % + 안정시심박수]를 유지하도록 하였으며, 저항단계 및 피치수를 이용하여 조절 하였다.

3) 회복방법

본 실험의 회복방법은 1주 간격을 두고 각각 육상 정적회복과 육상 동적회복 그리고 수중 동적회복 순으로 3주간 실시하였다.

(1) 육상 정적회복

육상 정적회복은 로잉 에르고미터에서 피로유발 운동 후 매트에 앉아서 10분 누워서 10분 총 20분간 편안한 자세로 육상 정적회복처치를 실시하였다.


(2) 육상 동적회복

육상 동적회복은 로잉 에르고미터에서 피로유발 운동 후 사전검사를 통한 개인별 최대심박수의 60%의 강도가 되도록 Polar를 착용하고 20분간 평지에서 런닝을 실시하였다.

(3)수중 동적회복

수중 동적회복은 운동직후 수중입수가 가능하도록 수영장 옆에서 실시하였으며 수영장의 수온은 28-30℃이며 수심은 1.5m에서 실시하였다. 로잉 에르고미터에서 피로유발 운동 후 사전검사를 통한 개인별 최대심박수의 60%의 강도가 되도록 Polar를 착용하고 수중운동 프로그램을 20분간 실시하였으며, 수중운동 프로그램은 <표 3>과 같다.

표 3. 수중운동프로그램



수중왕복달리기10m(2분) → 누들끼고 허공달리기(2분) → 누들끼고 자전거타기(2분) → 점프손발 단기(2분) → 점프 무릅팔꿈치 단기(2분) → 팔벌려 높이뛰기(2분) → 트위스트(2분) → 누들끼고 트위스트(2분) → 자유형발차기(2분) → 사이드스텝(2분)
--

4) 혈액 채취

피험자는 검사 전날 석식 후 최소한 12시간 정도 공복상태를 유지하였고, 실험시작 30분전에 실험실에 도착하여, 안정 시 채혈을 하였으며, 피로유발운동 직후, 20분간 회복운동 처치 직후, 회복 30분(회복기 10분)직후로 총 4회 채혈 하였다.

혈액샘플은 각 정해진 시전의 1분 이내에 피험자들에 전완의 주정중피정맥 (antecubital vein)에서 1회용 주사기를 이용하여 10ml의 혈액을 채취하였다. 채

취한 혈액은 혈장 검체를 얻기 위하여 혈액응고를 방지하는 Heparin이 도포되어 있고 혈장 분리를 손쉽게 하기 위하여 혈장 분리용 Barrier gel (polymer)이 첨부되어 있는 Plasma Gel Separation 진공채혈관((주)에이스피엠, Korea)에 10 ml 넣은 후 완전한 혼합을 위해 8~10번 천천히 흔들어 준 뒤 원심분리기(Han Jin medical co)를 이용하여 3,000 rpm에서 5분간 원심분리한 후 -70℃에서 분석 시 까지 보관하였다. 채취한 시료는 B광역시 N의료재단에 의뢰하여 ammonia, LDH, CK를 분석하였으며, lactic acid 측정에는 간이 젯산측정기(Lactate pro ARKRAY Inc, Kyoto, Japan)를 이용하여 현장에서 측정하였다.

5) 혈액분석방법

(1) 젯산

혈중 젯산 농도 측정은 현장에서 간이 젯산측정기(Lactate pro)를 이용하였다. 본 연구에 사용된 젯산분석기의 안정 시 정상 측정 범위는 0.8~23.3mmol/l이며 60초 내에 젯산의 농도를 알 수 있으며 높은 신뢰도($r=0.99$)를 보이는 장비이다(Pyne, Boston, Martin & Logan, 2000).

(2) 혈장 암모니아

혈장 암모니아(NH_3)는 Cobas Integra 기기(제조사:Roche / 제조국:Switzerland)로 NH_3L 시약(제조사: Roche / 제조국: Switzerland)을 사용하여 비색법으로 분석하였다. 검사원리는 $\text{NH}_3 + \text{Bromphenol Blue}(\text{Ammonia indicator}) \rightarrow \text{Blue dye}$ 위에서 형성된 Blue dye를 5분 이내에 605nm에서 정량화하여 측정하였다.

(3) 혈장 LDH

혈장 LDH는 ADVIA 1650/2400 기기(제조사: Bayer / 제조국: Japan)로

Lactate Dehydrogenase(P→L)(지조사: Bayer / 제조국: U.S.A)을 사용하여 Kinetic UV법으로 분석하였다. 검사 원리는 LDH가 NADH에서 NAD로의 산화를 촉매하여 Pyruvate가 L-lactate로 전환되는 촉매작용을 일으키며, 산화율과 LDH의 활성도는 비례적으로 나타나는데, LDH의 활성도는 340nm에서 흡광도 감소량을 측정하였다.

(4) 혈장 CK

혈장 CK는 ADVIA 1650(제조사: Bayer / 제조국: Japan)로 Creatine kinase reagents 시약(제조사: Bayer / 제조국: U.S.A)을 사용하여 DGKC method 검사방법으로 NADH에 의한 자외부의 흡광도 변화량을 측정함으로써 CK의 활성치를 구하였다.

5. 자료처리

본 연구는 SPSS 12.0 통계프로그램을 이용하여 각 회복유형 및 시기별 평균 및 표준편차를 산출하였고, 집단내 측정시기별 변화를 알아보고, 집단 간 회복방법에 따른 회복율의 차이를 알아보기 위하여 운동직후를 기준으로 20분간 회복처치 직후와 회복 30분 직후(회복처치 직후부터 회복기 10분) 감소율을 구하여 반복측정분산분석(repeated measurement ANOVA)를 실시하였다. 상호작용 효과가 나타난 경우, 그룹별 시기간의 사후검증은 Duncan test를 사용하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

IV. 연구결과

본 연구에서는 조정선수를 대상으로 로잉 에르고미터 2,000 m를 실시한 후 회복방법(육상 정적회복, 육상 동적회복, 수중 동적회복)에 따라 혈중 피로물질 변화를 측정하였으며, 또한 운동직후를 기준으로 20분간 회복처치 직후와 회복 30분(회복기 10분) 직후에 변화량을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 혈중 젖산의 변화

1) 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화

표 4. 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화(단위: mmol /L)

구분	안정시	운동직후	회복20분	회복30분
육상정적회복(a)	1.48±0.52	14.16±1.43	5.87±2.04	3.31±1.03
육상동적회복(b)	1.51±0.31	14.67±1.37	4.89±1.23	2.96±0.91
수중동적회복(c)	1.32±0.21	13.22±1.68	4.49±1.63	2.92±0.93

* M±S·D

<표 4>에서와 같이 운동부하 후 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화에 대한 안정시, 운동직후, 회복 20분, 회복 30분후의 결과를 보면 각 회복방법(육상 정적회복, 육상 동적회복, 수중 동적회복)의 시기별 변화에서는 안정시 각각 1.48과 1.51 그리고 1.32이며 운동직후에는 각각 14.16과 14.67 그리고 13.22로 증가추세를 보이다가 회복처치 20분에는 각각 5.87과 4.89 그리고 4.49로 점차 감소하여 회복 30분에는 각각 3.31과 2.96 그리고 2.92로 감소하는 경향을 보였다.

회복방법에 따른 시기별 젖산의 변화는 <그림 2>와 같다.

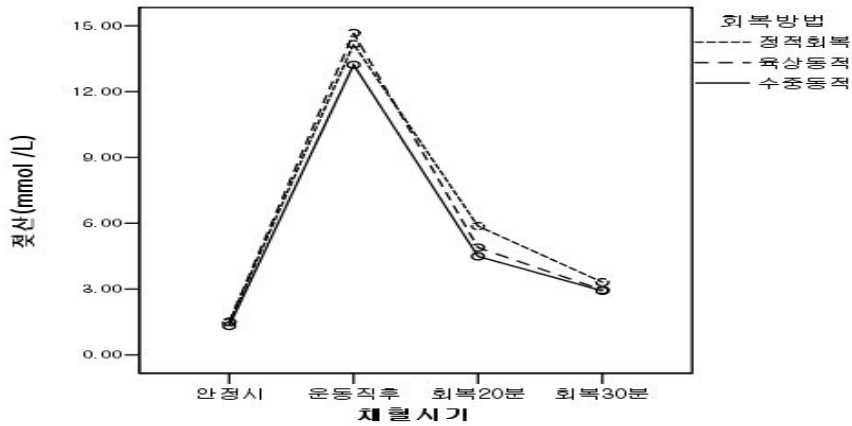


그림 2. 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화

2) 회복방법에 따른 혈중 젖산의 감소량

표 5. 운동직후기준 혈중 젖산의 감소량

Source	SS	df	MS	F-value	Duncan
집단	273.125	2	136.563	1.456	N·S
시기	103906.986	2	51953.493	1466.206***	
집단*시기	260.620	4	65.155	1.839	
오차	1913.434	54	35.434		

*** : P<.0001

<표 5>에서와 같이 회복방법에 따른 젖산 변화의 집단 간과 시기 간의 차이를 알아보기 위하여 운동직후를 기준으로 감소량을 검증한 결과를 보면 집단 내 시기 간(운동직후, 회복 20분, 회복 30분)에는 P<.0001 수준의 유의한 차이가 나타났으나 집단 간에는 유의한 차이가 없었다. 또한 집단과 측정시기와의 상호작용 역시 유의한 차이가 없었다.

운동직후기준 혈중 젖산의 감소량은 <그림 3>과 같다.

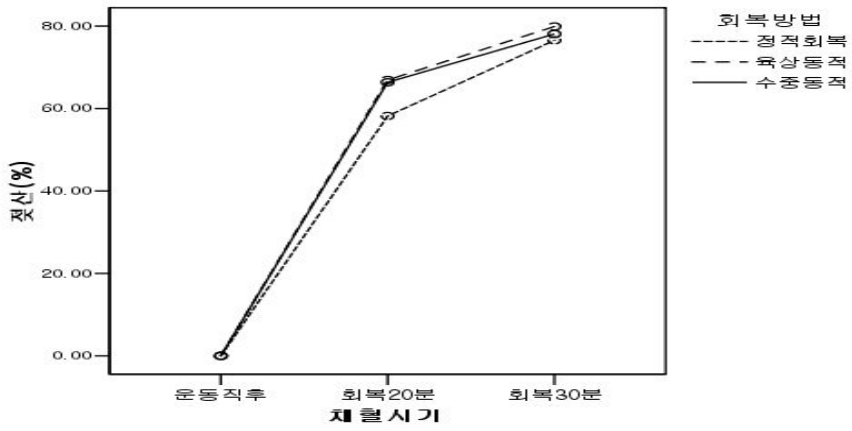


그림 3. 운동직후기준 혈중 젖산의 감소량



2. 혈장 암모니아의 변화

1) 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화

표 6. 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화(단위: $\mu\text{mol/L}$)

구분	안정시	운동직후	회복20분	회복30분
육상정적회복(a)	45.40±7.54	277.60±47.58	146.90±34.24	113.30±43.54
육상동적회복(b)	46.30±9.79	282.00±74.76	95.20±40.03	66.10±8.66
수중동적회복(c)	46.30±9.78	275.60±49.78	90.40±29.08	64.00±13.20

* M±S·D

<표 6>에서와 같이 운동부하 후 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화에 대한 안정시, 운동직후, 회복 20분, 회복 30분의 결과를 보면 각 회복방법의 시기별 변화에서는 안정시 각각 45.40와 46.30 그리고 46.30이며 운동직후에는 각각 277.60와 282.00 그리고 275.60으로 증가추세를 보이다가 회복 20분에는 각각 146.90와 95.20 그리고 90.40으로 점차 감소하여 회복 30분에는 각각 113.30와 66.10 그리고 64.00으로 감소하는 경향을 보였다.

회복방법에 따른 시기별 암모니아의 변화는 <그림 4>와 같다.

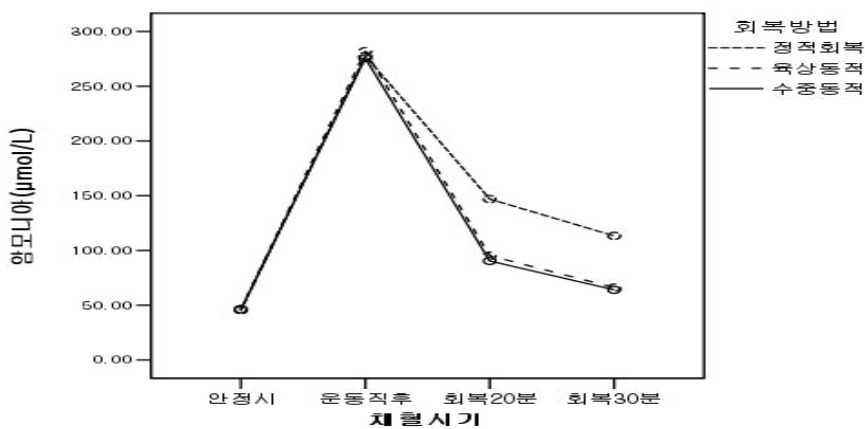


그림 4. 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화

2) 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 감소량

표 7. 운동직후기준 혈장 암모니아의 감소량

Source	SS	df	MS	F-value	Duncan
집단	3055.478	2	1527.739	13.984***	a < b·c
시기	85998.987	2	42999.494	42999.494***	
집단*시기	1553.863	4	388.466	9.129**	
오차	2297.856	54	42.553		

** : P<.001 *** : P<.0001

<표 7>에서와 같이 회복방법에 따른 혈장 암모니아변화의 집단 간과 시기 간의 차이를 알아보기 위하여 운동직후기준 감소량을 검증한 결과를 보면 집단 간과 집단 내 시기 간에는 모두 P<.0001수준의 유의한 차이가 나타났다. 또한 집단과 시기 간의 상호작용 역시 P<.001수준의 유의한 차이가 나타났으며, 사후검증에서는 육상 정적회복(a)<육상 동적회복(b), 수중 동적회복(c) 으로 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 육상 정적회복보다 더 많이 감소한 것으로 나타났다.

운동직후기준 혈장 암모니아의 감소량은 <그림 5>와 같다.

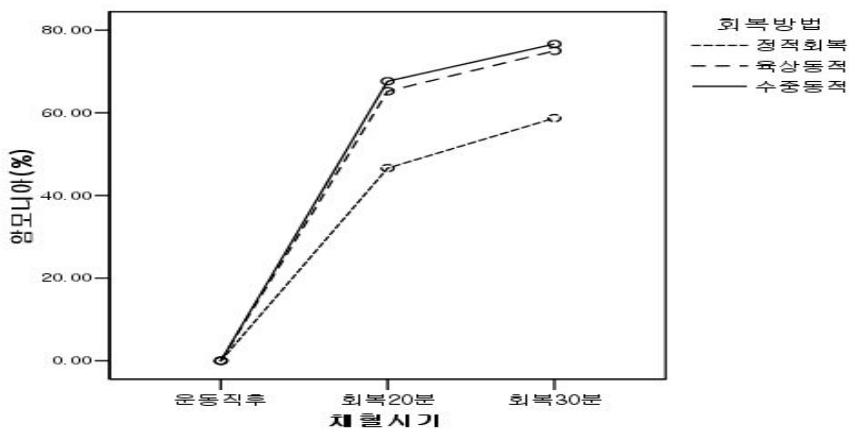


그림 5 운동직후기준 혈장 암모니아의 감소량

3. 혈장 LDH의 변화

1) 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화

표 8. 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화(단위: IU/L)

구분	안정시	운동직후	회복20분	회복30분
육상정적회복(a)	344.20±29.34	475.80±57.76	416.20±44.99	392.70±43.65
육상동적회복(b)	346.30±33.99	468.20±55.47	374.50±37.51	363.20±34.99
수중동적회복(c)	354.40±42.41	471.80±53.37	375.40±41.04	362.20±38.37

* M±S·D

<표 8>에서와 같이 운동부하 후 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화에 대한 안정시, 운동직후, 회복 20분, 회복 30분의 결과를 보면 각 회복방법의 시기별 변화에서는 안정시 각각 344.20와 346.30 그리고 354.40이며 운동직후에는 각각 475.80와 468.20 그리고 471.80으로 증가추세를 보이다가 회복 20분에는 각각 416.20와 374.50 그리고 375.40으로 점차 감소하여 회복 30분에는 각각 392.70와 363.20 그리고 362.20으로 감소하는 경향을 보였다.

회복방법에 따른 시기별 혈장 LDH의 변화는 <그림 6>과 같다.

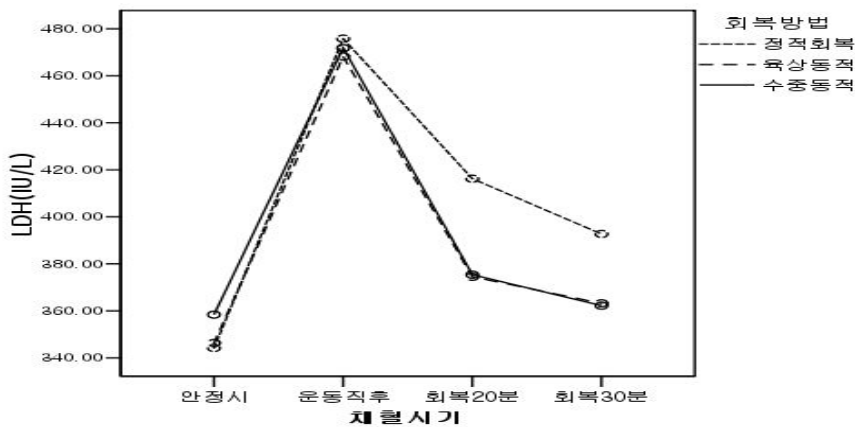


그림 6. 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화

2) 회복방법에 따른 혈장 LDH의 감소량

표 9. 운동직후기준 혈장 LDH의 감소량

Source	SS	df	MS	F-value	Duncan
집단	407.264	2	203.632	3.708*	a < b·c
시기	7389.115	2	3694.558	255.021***	
집단*시기	221.184	4	55.296	3.817**	
오차	782.313	54	14.487		

* : P<.01 ** : P<.001 *** : P<.0001

<표 9>에서와 같이 회복방법에 따른 혈장 LDH변화의 집단 간과 시기 간의 차이를 알아보기 위하여 운동직후를 기준으로 감소량을 검증한 결과를 보면 집단 간(육상 정적회복, 육상 동적회복, 수중 동적회복)에는 P<.01수준으로 유의한 차이가 나타났고, 집단 내 시기 간에는 P<.0001수준의 유의한 차이가 나타났다. 또한 집단과 시기 간의 상호작용 역시 P<.001수준의 유의한 차이가 나타났으며, 사후검증에서는 육상 정적회복(a)<육상 동적회복(b), 수중 동적회복(c)으로 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 육상 정적회복보다 더 많이 감소한 것으로 나타났다. 운동직후기준 혈장 LDH의 감소량은 <그림 7>과 같다.

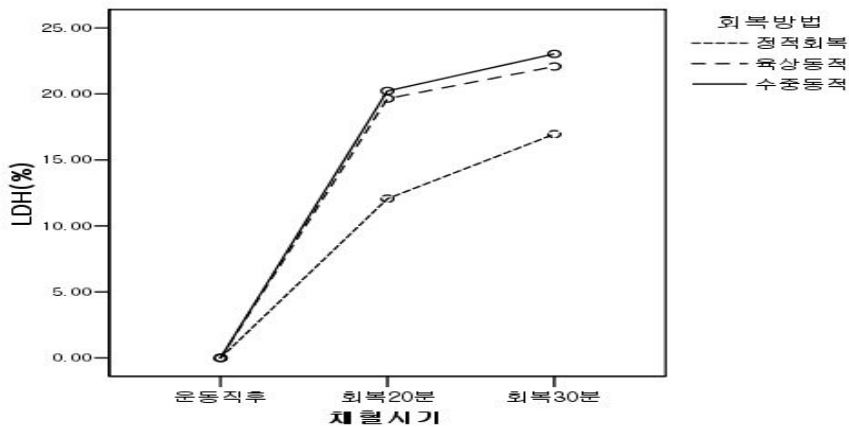


그림 7. 운동직후기준 혈장 LDH의 감소량

4. 혈장 CK의 변화

1) 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화

표 10. 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화(단위: IU/L)

구분	안정시	운동직후	회복20분	회복30분
육상정적회복(a)	303.70±53.20	376.00±64.38	357.40±63.93	348.70±66.27
육상동적회복(b)	291.30±55.70	389.70±74.49	359.70±65.24	349.10±64.86
수중동적회복(c)	289.40±53.38	362.30±51.79	335.40±52.59	323.60±51.58

* M±S·D

<표 10>에서와 같이 운동부하 후 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화와 그 변화량에 대한 안정시, 운동직후, 회복 20분, 회복 30분의 결과를 보면 각 회복방법의 시기별 변화에서는 안정시 각각 303.70와 291.30 그리고 289.40이며 운동직 후에는 각각 376.00 와 389.70 그리고 362.30으로 증가추세를 보이다가 회복 20분에는 각각 357.40와 359.70 그리고 335.40으로 점차 감소하여 회복 30분에는 각각 348.70와 349.10 그리고 323.60으로 감소하는 경향을 보였다.

회복방법에 따른 시기별 혈장 CK의 변화는 <그림 8>과 같다.

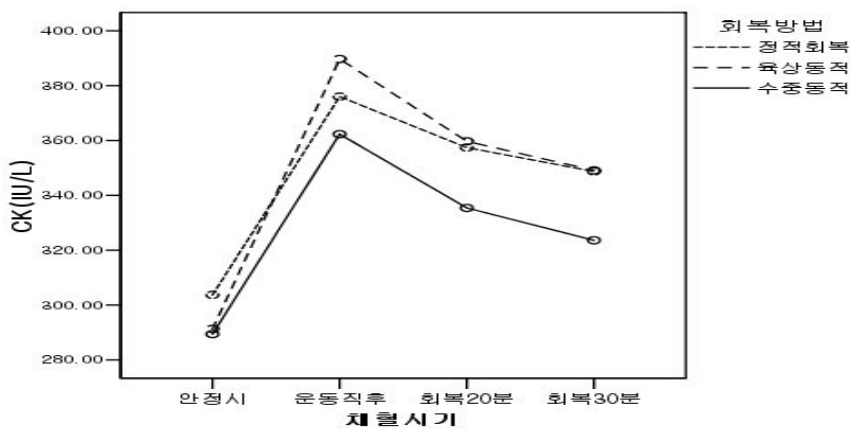


그림 8. 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화

2) 회복방법에 따른 혈장 CK의 감소량

표 11. 운동직후기준 혈장 CK의 감소량

Source	SS	df	MS	F-value	Duncan
집단	69.884	2	34.942	3.624*	a < b·c
시기	1432.789	2	716.394	193.280***	
집단*시기	36.552	4	9.138	2.465	
오차	200.151	54	3.707		

* : P<.01 *** : P<.0001

<표 11>에서와 같이 운동직후기준 회복방법에 따른 혈장 CK변화의 집단 간과 시기 간 차이를 알아보기 위하여 운동직후를 기준으로 감소량을 검증한 결과를 보면 집단 간에는 P<.01수준으로 유의한 차이가 나타났고, 집단 내 시기 간에는 P<.0001수준의 유의한 차이가 나타났다. 또한 집단과 시기 간의 상호작용에는 유의한 차이가 없었으며, 사후검증에서는 육상 정적회복(a)<육상 동적회복(b), 수중 동적회복(c)으로 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 육상 정적회복보다 더 많이 감소한 것으로 나타났다.

운동직후기준 혈장 CK의 감소량은 <그림 9>와 같다.

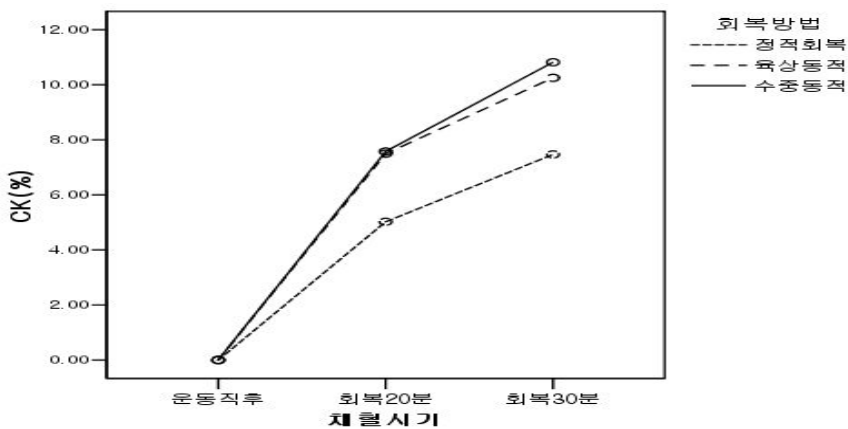


그림 9. 운동직후기준 혈장 CK의 감소량

V. 논의

1. 회복방법에 따른 젖산의 변화

젖산이 생성되는 근본적인 원인은 갑작스러운 운동 시에 발생하는 활동근육 부위에 평상시 이상의 산소요구량을 제대로 공급하지 못하는데 있다. 즉 젖산의 생성은 ATP의 소비와 재합성간의 불균형이나 해당작용과 활동 근육 내 산소함유량 간의 불균형에 의해 이야기된다고 할 수 있으며 또한 동맥 혈류의 장애도 정상수치 이상의 젖산이 생성되는 이유가 된다. 활동근육내의 축적되는 젖산의 양이 정상수치보다 약 0.4%이상 증가되면 체내 극소적인 산성증 증상이 발생하며, 이는 곧 근육통의 원인이 되기도 한다. 젖산의 축적은 주어진 운동부하의 지속시간에 따라 차이가나며 특히 갑작스러운 높은 운동 강도에 의해 많은 젖산이 생성되어진다. 이러한 활동시 체내에 축적된 젖산이 근육내에 피로를 유발시키게 됨으로서 더 이상의 활동에 커다란 방해요인으로 작용하게 된다.

혈액 내 젖산의 축적은 운동피로의 화학적 원인으로 평가되는 중요한 지표가 되며, 혈중젖산농도의 변화량을 통해 무산소성운동 후 회복양상을 해석할 수 있는 대표적인 생리적 피로물질이라 할 수 있다(최재현 및 양점홍, 2005).

본 연구에서는 회복 20분에 육상 정적회복, 육상 동적회복 및 수중 동적회복 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 문태형(1992)은 최대무산소성 운동 후 휴식방법에 따른 혈중젖산농도의 변화에서 회복기에 활동성휴식이 비 활동성 휴식보다 회복시간이 더 빠르다고 보고하였고, 백광현, 박철민 및 최건식(1997)은 여대생의 트레드밀 운동 후 회복방법에 따른 혈중 젖산의 제거율에서 동적 휴식이 정적휴식보다 효율적으로 젖산이 제거되었다고 보고하였다. 동적회복 시 젖산제거가 빠른 것은 신체기관으로 유산수송을 촉진하는 혈류량의 증가 때

문이다. 그러나 이러한 기전보다 더 중요한 것은 동적회복과정 중 골격근에서 일어나는 젖산의 대사작용이라 사료된다.

본 연구에서는 회복방법(육상 정적회복, 육상 동적회복, 수중 동적회복)간에 혈중젖산농도의 유의한 차이가 나타나지 않은 이유로는 다음과 같이 사료된다.

측적된 젖산은 회복 중 약 70%가량이 방출되고, 뉴클레오티드(nucleotides-핵산구성 성분)와 CP는 회복의 3분 후에는 약 40%가, 10분 후에는 약 85%가 운동전 안정시의 수준으로 회복된다(Bangsbo, Graham, Johansen & Saltin, 1991). 또한 젖산의 경우 운동이 끝난 후 급속히 감소하여 60분 후에는 안정 상태로 회복된다고 하였다(Astrand & Rodahl, 1986). 본 연구에서의 채혈시간을 회복처치 20분 직후로 하였기 때문에 운동직후 증가한 젖산농도가 많이 감소한 것이라 사료되며, 운동직후 5분, 10분, 15분에 채혈하지 못하였기 때문에 회복방법 간에 유의한 차이가 없다고 사료된다. 또한 대상자가 운동선수들로서 이미 많은 트레이닝을 통하여 젖산회복에 대한 내성이 있기 때문이라 사료된다.

유의한 차이는 나타나지 않았으나 육상 정적회복보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 빠른 젖산회복이 나타났음을 알 수 있었으며, 육상 동적회복과 수중 동적회복은 유사한 수준의 젖산회복을 보였다.

2. 회복방법에 따른 암모니아의 변화

암모니아가 피로 요소로서 인정을 받는 부분은 중추적작용과 말초적작용으로 구분해서 볼 수 있다(Mac Lean, Terry & James, 1995). 암모니아의 중추적 피로작용은 암모니아가 독성을 갖고 있기 때문에 높은 암모니아의 축적 시에는 기면상태, 경련, 운동실조 그리고 혼수상태 등을 일으킬 수 있고, 운동 시 갑자기 증가되는 암모니아는 중추신경에 영향을 미치게 되어 운동기능에 장애를 일으킬 수 있다는 기전으로(Banister & Cameron, 1990) 설명되며, 중추신경계 세포내의 pH변화, 세포내외의 전해질농도의 변화와 같은 신경전달자의 수준 변화에 기인한 중추신경계의 다양한 반응의 변화 때문에 운동기능의 장애와 피로가 발생할 수 있다고 보고 있다(Iles & Jack, 1980).

반면 암모니아의 말초적 피로 요소로서 기전을 살펴보면 근육내의 암모니아 축적은 구심성 신경을 자극할 수 있다. 이들 중 골격근에서 기시되는 III, IV, 구심성 신경은 근육의 통증 감지와 관련이 있기 때문에 피로를 유발할 수 있다고 보고 있다(Mitchell, 1990; Rotto & Kaufman, 1988). 뿐만 아니라 암모니아는 PFK(Phosphofructokinase)의 활동을 자극하고 크랩스회로와 당 신생작용을 저해하며 미토콘드리아 산화를 감소시킨다고 보고(Mutch & Bainister, 1983) 있으며, 그 결과로 암모니아의 작용에 의해 많은 젖산의 생성을 유발하고 빠른 글리코젠의 저하를 가져와 근 피로를 유발시키고 피로와 관련되어진 pH의 감소를 시작하게 할 가능성이 있다고 보고 있다.

본 연구에서 각 회복방법의 혈장 암모니아의 운동직후기준 감소량을 비교한 결과 육상 정적회복보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 $P<.0001$ 수준으로 유의한 감소량을 나타냈으며, 사후검정에서 육상 정적회복보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 혈장 암모니아회복에 더 효과적인 것으로 나타났다. 이는 김유선(2000)의 연구에서 피로유발 운동 후 트레드밀에서 경사도 0°와 4km/h

속도를 유지하여 20분간 걸음으로써 비활동성 회복보다 활동성회복이 암모니아의 회복에 더 효과적인 것과 일치한다. 또한 본 연구에서 유의한 차이가 없었으나 수중 동적회복이 육상 동적회복에 비하여 혈장 암모니아의 회복에 조금 더 많은 감소량을 보였는데 이는 최재현, 김종원 및 김수진(2005)의 고강도 달리기 훈련 후 피로회복 방법에 따른 피로 물질의 비교분석 연구에서 남자근대5종 선수와 장거리달리기선수를 대상으로 운동부하 후 20분간 스포츠마사지, 냉요법(15~16℃), 반신욕(38~39℃), 휴식(안정)의 방법을 적용한 결과 냉요법이 휴식에 비하여 효과적인 혈장암모니아 회복을 보였으며, 냉요법은 중추신경의 흥분완화와 대사산물의 제거를 촉진한 결과라고 한 선행연구의 결과와 일치하는 결과라고 사료된다.



3. 회복방법에 따른 LDH의 변화

글루코젠이 분해되는 과정에서 1차단계로 피루브산이 생성되며, 피루브산이 NADH^+ 와 H^+ 의 작용으로 NAD 로 되면서 젖산이 만들어지게 되는데 이 젖산을 다시 피루브산으로 환원 시키는 촉매효소가 LDH이다(Moss & Lane, 1971). 이러한 LDH가 임상의학에서는 심근경색 및 간질환을 진단하는데 이용되고 있으며, 스포츠 영역에서는 피로물질인 젖산을 피루브산으로 환원시키기 때문에 운동능력을 평가할 수 있는 자료로서 1970년대 이후 많은 연구를 하게 되었다.

LDH와 운동과의 상호 반응은 운동의 강도, 시간, 트레이닝 정도, 질병유무에 따라 많은 차이가 있다. 국내 연구에서도 안정시 혈장 LDH 활성은 일반인 보다 운동선수가 유의하게 높았다고 보고하였다(현송자 및 운영학, 1992). Raimondi, G. A., Puy, Raimondi, A. C., Schwarz & Rosenberg(1975)은 12주간의 자전거 에르고미터 트레이닝을 실시한 후 최대산소섭취량과 혈장 LDH 활성치 사이에는 높은 상관($r=0.78, p<.05$)이 있기 때문에 혈장 LDH 활성치의 증가는 향상된 심폐기능을 평가하는 적응지수로 활용될 수 있음을 시사하고 있다. 이러한 혈장 LDH가 피로회복 차원에서 빨리 젖산을 피루브산으로 환원시켜야 우리들은 근육에서 pH농도 적정유지 및 에너지 대사 작용을 원활하게 해주게 된다.

본 연구에서 운동직후기준 감소량을 보면 육상 정적회복 보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 $P<.01$ 수준으로 유의하게 효과적인 피로회복을 보였다. 김유선(2000)은 서울시 소재의 K대학 25세에서 35세까지의 남학생을 대상으로 '운동 후 사우나와 저강도 운동간의 피로물질 비교'에서 저강도 운동이 사우나와 안정성휴식보다 $p<0.1$ 수준에서 유의하게 효과적인 회복방법이라고 하였다. 이것은 피로회복 방법으로 비 활동성회복 보다 활동성회복이 효과적이라는 것을 알 수 있게 해준다. 또한 육상 동적회복과 수중 동적회복 사이에서는 유

의한 차이는 없었지만 수중 동적회복이 조금 더 높은 감소량을 나타냈다. 최재현 등(2005)은 ‘고강도 달리기 훈련 후 피로회복 방법에 따른 피로 물질의 비교 분석’ 연구에서 남자근대5종선수와 장거리달리기선수를 대상으로 운동부하 후 20분간 스포츠마사지, 냉요법(15~16℃), 반신욕(38~39℃), 휴식(안정)의 방법을 적용한 결과 냉요법군의 LDH가 육상 정적회복군, 반신욕군, 스포츠마사지군에 비해 회복처치 직후, 회복 10분, 회복 20분에 유의하게 낮게 나타났다고 하였으며, 이는 냉요법에 의한 중추신경의 흥분완화와 대사산물의 제거를 촉진한 결과라고 하였는데 본 연구에서 수중 동적회복 시 수온이 안정 시 평균체온(36~37℃)보다 낮은 28~30℃에서 실험한 것이 수중 동적회복이 가장 큰 감소량을 보인 원인으로 사료된다.



4. 회복방법에 따른 CK의 변화

CK는 골격근, 심장근육, 뇌에 존재하는 효소로서, 크레아틴과 아데노신3인산(ATP)에 의하여 크레아틴인산을 생성하는 반응을 촉매 하는 효소이다. CK와 농도는 운동 시 근 조직의 에너지기질(ATP, glycogen)의 고갈, 세포내 저산소증, 대사과정에서 생성된 free radical의 증가(Nosaka, Newton & Sacco, 2002).로 인한 세포막 투과성의 향진이 그 원인이 되어 증가하게 된다.

생체 조직내 CK 농도는 골격근에서 가장 높으며 (Ebbeling & Clarkson, 1989), 건강한 근육에서 안정시 CK는 원형질 내에 존재하므로 혈중 농도는 낮게 나타난다(Clarkson et al., 1992). 하지만 운동을 통하여 근 조직이 손상되면 세포막 투과성(epicyteperme ability)이 증가하고 이에 따라 CK가 세포 간질액으로 이동하기 때문에 혈중 농도가 높아진다. 따라서 혈중 CK 농도는 근 질환 또는 근 손상을 추정하는 지표로 사용될 수 있다.

본 연구에서 운동직후기준 감소량을 보면 육상 정적회복 보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 $P < .01$ 수준으로 유의하게 높았다. 이것은 혈장 CK의 피로회복 방법으로 비 활동성회복 보다 활동성회복이 효과적이라는 것을 알 수 있게 해준다. Saxton & Donnelly(1995)은 고강도의 신장성 운동 후 가벼운 운동을 해 주는 것이 신장성 운동 이후 휴식을 취하는 것에 비하여 CK의 활성화도 증가율을 낮추는데 효과적이라 보고하였는데 본 연구 결과와도 유사함을 알 수 있다.

또한 육상 동적회복과 수중 동적회복 사이에서는 유의한 차이는 없었지만 수중 동적회복이 더 높은 감소량을 나타냈다. 최재현 등(2005)은 냉요법군의 CK가 육상 정적회복군, 반신욕군, 스포츠마사지군에 비해 회복처치 직후, 회복 10분, 회복 20분에 유의하게 낮게 나타났다고 하였으며, 이는 냉요법에 의한 중추신경의 흥분완화와 대사산물의 제거를 촉진한 결과라고 하였다. 본 연구에서

수중운동 시 수온이 안정 시 평균체온(37~38℃)보다 낮은 28~30℃에서 실험한 것이 선행연구의 냉요법군에서의 효과와 같이 수중 동적회복이 가장 큰 감소량을 보인 원인으로 사료된다.



VI. 결론 및 제언

본 연구는 조정선수 경력이 1년 이상 5년 이하의 B광역시외의 남자 조정선수 10명을 대상으로 로잉 에르고미터 2,000 m 수행 후 피로회복 방법이 생리적 피로 변인에 미치는 영향을 알아보기 위하여 정적피로회복, 육상 동적피로회복, 수중 동적피로회복을 적용하였으며, 생리적 피로변인은 혈중젖산, 혈장 암모니아, 혈장 LDH, 혈장 CK를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 회복방법에 따른 혈중 젖산의 변화

혈중 젖산은 피로유발 운동직후를 기준으로 회복 20분간 및 회복 30분의 시간의 감소량에는 유의한 차이가 나타났으나, 집단간(육상 정적회복, 육상 동적회복 및 수중 동적회복)에는 유의한 차이는 없었다.

둘째, 회복방법에 따른 혈장 암모니아의 변화

혈장 암모니아는 피로유발 운동직후를 기준으로 회복 20분간 및 회복 30분의 시간대에 유의하게 감소하였고, 육상 정적회복보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 유의한 차이로 많은 암모니아 감소량을 보였다.

셋째, 회복방법에 따른 혈장 LDH의 변화

혈장 LDH는 피로유발 운동직후를 기준으로 회복 20분간 및 회복 30분의 시간대에 유의하게 감소하였고, 육상 정적회복보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 유의한 감소량을 보였다.

넷째, 회복방법에 따른 혈장 CK의 변화

혈장 CK는 피로유발 운동직후를 기준으로 회복 20분간 및 회복 30분의 시간대에 유의하게 감소하였고, 육상 정적회복보다 육상 동적회복 및 수중 동적회복이 유의한 감소량을 보였다.

복이 유의한 감소량을 보였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 본 연구에서 육상 정적회복, 육상 동적회복 그리고 수중 동적회복에 관한 혈중 젖산농도 및 혈장 암모니아의 변화와 혈장 LDH 및 CK의 변화에 대하여 비교분석한 결과 혈중 젖산농도를 제외한 모든 항목에서 육상 정적회복보다 육상 동적회복과 수중 동적회복이 유의하게 많은 피로물질의 감소량을 나타냈으며, 이는 활동성회복이 비 활동성회복 보다 효과적인 피로회복이라는 것을 보여준다.

따라서 육상 동적회복과 수중 동적회복 모두 육상 정적회복에 비하여 효과적인 피로회복 방법이라고 할 수 있으며, 수중 동적회복은 피로회복 방법으로써 추가적인 부상예방 및 안정성이 뛰어나며, 물이 갖는 특성(부력, 수압, 저항, 수온 등)을 이용한 회복운동으로써 다양한 운동종목에서의 활용과 연구가 필요하다고 사료된다.



참 고 문 헌

- 강희성, 김기진, 김태운, 김형욱, 장경태, 전종귀, 조현철(2001). 운동과 스포츠 생리학. 서울: 대한미디어.
- 고기준, 김태운, 안병철, 한재웅, 이재규, 문혜경, 김종원(1999). 육상선수들과 수영선수들의 최대산소섭취량과 혈장효소 및 호르몬 반응에 관한 비교 연구. 한국체육학회. 국제스포츠과학 학술발표회, 652-662.
- 권유찬, 백종희, 채종훈, 윤미숙, 박상갑(2001). 최대운동 후 스포츠마사지가 회복기 심폐기능 및 젖산농도에 미치는 영향. 한국체육학회지, 40(3) 825-834.
- 김기진(2001). 근대5종 및 태권도선수의 심폐기능과 운동유형별 혈중 젖산 및 암모니아 농도변화의 비교. 한국체육학회지, 40(1) 481-489.
- 김유선((2000). 운동 후 사우나와 저강도 운동간의 피로물질 비교. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 사회체육대학원.
- 김은희(1998). 율동적 운동과 수중운동의 원리 및 효과. 류마티스 건강 학회지, 5(2) 296-302.
- 김상수, 이원재, 주성범(2008). 조정선수의 최대하운동 후 고온 적용 및 고온 후 저온침수 적용 시 혈중 피로변인 및 혈중 전해질에 미치는 영향. 한국체육학회지, 17(2) 819-831.
- 김정규, 문희원(2004). 평지와 내리막 달리기 운동 후 CK 활성화 및 호르몬 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지, 43(4) 369-378.
- 김혜영(1994). 수중운동의 치료적기능과 효과에 관한 연구. 미간행 석사학위논문. 숙명여자대학교 교육대학원.
- 맹희정(2002). 근치료 유발 후 냉요법에 따른 코티졸, 테스토스테론의 변화. 한국체육학회지, 41(3) 317-323.
- 문태영(1992). 최대운동 후 회복유형에 따른 혈중 젖산, 코티졸, 글루코스의

- 변화.** 미간행 석사학위논문. 한양대학교 대학원.
- 박영진(2002). 무도종목 선수들의 무산소성 능력 및 혈중피로물질 변화에 관한 연구. **한국안전교육학회지**, 5(2) 59-71.
- 박은지, 구현정, 이종각(2004). 젓산 피로회복을 위한 회복운동 강도의 설정. **한국여성체육학회지**, 18(1) 67-75.
- 백광현, 박철민, 최건식(1997). 여대생의 트레드밀 운동 후 회복방법에 따른 혈중 젓산 및 Epinehrine, Norepinephrine의 변화. **한국체육학회지**, 36(4) 277-291
- 오소현, 구현정, 이종각(2004). 검증부하운동 후 운동성 회복과 안정성 회복의 비교. **한국여성체육학회지**. 18(1) 77-84.
- 오희경(1992). 운동후 회복방법에 따른 신진대사 및 호르몬 반응에 관한 연구. 미간행 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 위승두(1995). 운동부하 강도가 혈중 암모니아 및 젓산 농도에 미치는 영향. **대한스포츠의학학회지**, 13(2) 183-190.
- 육조영, 이윤정(2005). 운동후 스트레칭과 미용마사지가 피로회복에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**. 16(5) 467-486.
- 이경숙(2003). 8주간의 근력훈련이 편마비환자의 혈중성분 I6F-1 발현과 근횡단 면적에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 대전대학교 보건스포츠 대학원.
- 이명천, 김기진, 김미혜, 박현, 이대택, 조정호, 차광석, 홍성찬(2003). 건강과 운동기능 향상을 위한 스포츠영양학. 서울: 라이프사이언스.
- 이복환, 김정규(2002). 내리막 경사에서의 달리기 운동이 혈중 creatine kinase 활성 및 testosterone과 cortisol분비 비율에 미치는 영향. **운동과학**, 11(2) 393-494.
- 이영숙(1991). **에어로빅스 운동과학의 이론과 실제**. 서울: 한국과학 에어로빅

협회.

이영익(1996). 국가대표 및 일반대학 조정선수의 심폐기능 및 순발력에 관한 연구. **한국체육대학교 논문집**, 23, 97-108.

이영익(2002). 조정선수의 유형별 웨이트 트레이닝 프로그램이 체력변화에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 경기대학교 대학원.

이용진(2003). 근피로 유발 후 냉 요법이 혈장 암모니아의 변화에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 42(5) 697-705.

이종각, 신상규, 윤성원, 윤재량, 이동규, 이명천, 정동식(1994). 운동피로의 원인과 회복 방법에 관한 문헌고찰. **체육학연구과제 종합 보고서**. I, 1~44.

장경태, 안종철(1998). **웨이트트레이닝**. 서울 : 대한미디어.

정봉해(1994). 준비운동과 정리운동이 혈액 내 젖산 농도에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문, 서울대학교 대학원.

정성태, 전태원, 이용수(1999). **파워 트레이닝**. 서울: 태근출판사.

전희진(1990). 물속에서도 에어로빅댄스 운동을. **한국에어로빅스 건강과학협회**, 1(2), 69-74

최재현, 김종원, 김수진(2005). 고강도 달리기 훈련 후 피로회복방법에 따른 피로물질의 비교 분석. **한국사회체육학회지**, 23, 411-420.

최재현, 양점홍(2005). 근대5종선수의 수영과 달리기 시 동일 심박수에 따른 혈중 젖산, 젖산탈수소효소, 암모니아의 비교분석. **한국 체육학회지**, 44(3), 843-853.

현송자, 윤영학(1992). 최대하 운동후 혈장 LDH 및 CPK활성의 변화에 관한 연구. **대한 스포츠 의학회지**, 10(2), 189-194.

현송자, 정성태, 유승민(2002). 장시간의 운동시 항산화제섭취가 골격근의 항산화효소 활성화와 심장근, 및 골격근 손상의 조직형태학적 변화에 미치는

영향. 한국체육학회지, 41(4) 491-506.

芳賀脩光, 大野秀樹 (2003). トレーニング生理學. 杏林書院.

Astrand, P. O., & Rodahl, K. (1986). *Text book of work physiology: physiological Basis of Exercise*. New York, Mc Graw Hill Book company, 21, 327-334.

Bangsbo, J., Graham, T., Johansen, L. & Saltin, B. (1991). Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive : impact of light exercise. *Journal of Applied Physiology*, 77(4), 1890-1895.

Banisstr, E. W. & Cameron, B. J. C. (1990). Exercise induced hyperammonemia: Peripheral and central effects. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 129-142.

Banister, E. W. & Griffiths, J. (1972). Blood levels of adrenergic amines during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 33(5), 674-675.

Bonen, A. & Belcastro, A. N. (1976). Comparison of Self-selected recovery methods on lactic acid removal rate. *Medicine Science Sports*, 8(3), 176-178.

Bourdin, M., Messonnier, L. & Lacour, J. R. (2004). Laboratory blood lactate profile is suited to on water training monitoring in highly trained rowers. *Journal of Sports Medicine Physiol Fitness*, 44(4), 337-341

Brooks, G. A. (1985). Anaerobic threshold; review of the concept and direction for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 22-31.

Brown, S. h., Child R. B., Day S. H. & Donnelly A. E. (1997). Indices of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 4, 369

-374.

- Byrnes, W. C., Clarkson P. M., White, J. S., Hsieh, S. S., Frykman P. N. & Maughan, R. J. (1985) Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *Journal of Applied Physiology* 59, 710-715.
- Clarkson, P. M., Nosaka K. & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 512-520.
- Costill, D. L. (1986). *Inside running : Basics of sports physiology*. Indianapolis: Benchmark Press, Inc.
- Davies, J. A. (1985). Anaerobic threshold : review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17 (1), 6-18.
- di Prampero, P. E., Cortili, G., Celentano, F. & Cerretelli, P. (1971). Physiological aspects of rowing. *Journal of Applied Physiology*, 31, 853-857.
- Donnelly, A. E., Clarkson, P. M. & Maughan, R. J.(1992). Exercise-induced muscle damage: effects of light exercise in damaged muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 64(4), 350-353.
- Dragon, I. (1978). Organism recovery following training Bucharest, sport-Tourism. *Internationale Zeitschrift fur Angewandte Physiologie*, 28, 155-161.
- Ebbeling, C. B. & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports medicine*, 7, 207-234.
- Faulkner, J. A., Brooks, S. V. & Opitck. J. A. (1993). Injury to skeletal muscle fibers during contractions : conditions of occurrence and prevention. *Physical Therapy*. 73(12), 911-921.

- Faye, J., Fall, A., Seck, D., Badji, L., Faye, E. M. & Cisse, F. (2002). Bicycle test; measure of anaerobic power, heart rate and blood lactic acid. *Dakar Medical*, 47(2), 239-243.
- Fox, E. L. (1981) *the physiological basis of physical education and athletics*. 3rd ed. Saunders College Publishing Philadelphia.
- Gleeson, M., Walsh, N. P., Blannin, A. K., Robson, P. J., Coombes, K. L., Donnelly, A. E. & Day, S. H. (1998). The effect of severe eccentric exercise-induced muscle damage on plasma elastase, glutamine and zinc concentrations. *European Journal of Applied Physiology*, 77(6), 543-546.
- Gollnick, P. D. & Hermansen, L. (1973). Biochemical adaptation to exercise: anaerobic metabolism. *Exercise and sports in science review*, 1, 1-43.
- Grujic, N., Secher, N. H., Bajic, M., Turkulov, D. & Bacanovic, M. (1987) Physiological characteristics of rowers. *Seventh Balkan Congress of Sports Medicine*, 102 (Abstract).
- Hagerman, F. C. & Staron R. S. (1983) Seasonal variations among Physiological variables in elite oarsmen. *Canadian journal of Applied Sports Science*, 8, 143-148.
- Hagerman, F. C. (1984). Applied Physiology of rowing. *Sports Medicine*, 1, 303-326.
- Hagerman, F. C., Hagerman, G. R. & Mickelson, T. O. (1979). Physiological profiles of elite rowers. *The Physician and Sports medicine*, 7, 74-83.
- Hansen, A. K., Clausen, T. & Nielsen, O. B. (2005). Effects of lactic acid and catecholamines on contractility in fast-twitch muscles exposed to hyperkalemia. *American Journal of Physiology Cell Physiology*, 289(1), 104-112.

- Hermansen, L. & Vaage, O. (1997). Lactate disappearance and glycogen synthesis in humans after maximal exercise. *American Journal of Physiology*, 233, 422-427.
- Hermansen, L. & Osnes, J. B. (1972). Blood and muscle pH after maximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 32(3), 304-308.
- Horita, T., Komi, P. V., Nicol, C. & Kyfolainen, H. (1999). Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise in the time course of mechanical behaviour in the drop jump: possible role of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 79(2), 160-167.
- Iles, J. F. & Jack, J. J. B. (1980). Ammonia: assessment of its action on postsynaptic inhibition as a cause of convulsion. *Oxford Journal of Brain*, 103, 555-578.
- Jennifer, M. S. & Jeffrey, B. B. (2001). Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Journal of Nutrition*, 17, 809-814.
- Jensen, K., Secher, N. H., Fiskestrand, A., Christensen, N. J. & Lund, J. O. (1984). Influence of body weight in physiologic variables measured during maximal dynamic exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 121, 37A (Abstract).
- Karlsson, J. & Saltin, B. (1970). Lactate, ATP, and CP in working muscle during exhaustive exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 29(5), 598-602.
- Krebs, P., Zinkgraf, S. & Virgilio, S. (1983). The effects of training variables, maximal aerobic capacities, and body composition upon cycling performance time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 133. (Abstract)

- Kuipers, H., Keizer, H. A., deVries, T., van Rijthoven, P. & Wijts, M.(1988). Comparison of heart rate as a non-invasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 303-306.
- Larsson, L. & Forsberg, A. (1980). Morphological muscle characteristics in rowers. *canadian Journal of Applied Sport Science*, 5, 239-244.
- Mahler, D. A., Andrea, B. E. & Andresen, D. C. (1984). Comparison of six minute 'all-out' and incremental exercise tests in elite oarsmen. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 567-571.
- Mason, B. R., Shakespear, P. & Doherty, P. (1988). The use of biomechanical analysis in rowing to monitor the effect of training. *FISA Coaches Conference, Excel*, 4, 7-11.
- Merton, P. A. (1954). Voluntary strength and fatigue, *Journal of Physiology*, 123, 553-567.
- Metzher, J. M. (1992). Mechanism of Chemomechanical Coupling in Skeletal Muscle During Work. *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, 1, 1-52.
- Miller, P. C., Bailey, S. P., Barnes, M. E., Derr, S. J. & Hall, E. E. (2004). The effects of protease supplementation on skeletal muscle function and DOMS following downhill running. *Journal of Sports Science*, 22(4), 365-372.
- Miles, M. P. & Clarkson, P. M. (1994). Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. *Journal of Sports Medicine in Physiology and Fitness*, 34 (3), 203-216.
- Mitchell, J. H. (1990). Neural control of the circulation during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 475-484.

cine and Science in Sports and Exercise, 22, 141-154.

- Miyama, M. & Nosaka, K. (2004). Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 206-211
- Moss, J. & Lane, M. D. (1971). The regulation of glycolysis and gluconeogenesis in animal tissues. *Advances in Enzymology*, 35, 321-422.
- Mutch, B. J. & Bainister, E. W. (1983). Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 41-50.
- Newman, E. V., Dill, D. B. & Edwards, H. T. (1957). The rate of lactic acid removal in exercise. *American Journal of Physiology*, 118, 457-461.
- Noaker, T. D., Myburgh, K. H., Du Plessis, J., Lang, L., Lambert, M., Vander Riet, C., et al. (1991). Metabolic rate, not percent dehydration, predicts rectal temperature in marathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 443-448.
- Noakes, T. D. & St Clair Gibson, A. (2004). Logical limitations in the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans. *British journal of sports medicine*, 38, 648 - 649.
- Nosaka, K., Newton, M. & Sacco, P. (2002). Delayed onset muscle soreness does not reflect the magnitude, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, Dec, 12(6), 337-346.
- Ohkuwa, T. M., Satio, M. & Miyamura. (1986). Plasma LDH activity and LDH isoenzymes after 400m & 3,000m run in sprint & long distance runners. *Journal of Sports Medicine and Physical and Fitness*, 26, 362-368.
- Pyne, D. B., Boston, T., Martin, D. T. & Logan, A. (2000). Evaluation of the

- Lactate Pro blood lactate analyser. *European Journal of Applied Physiology*, 82, 112-116.
- Raimondi, G. A., Puy, R. J., Raimondi, A. C., Schwarz, E. R. & Rosenberg, M. (1975). Effect of physical training in enzymatic activity of human skeletal muscle. *Biomedicine*, 22, 496-501.
- Rotto, D. M. & Kaufman, M. P. (1988). Effects of metabolism products of muscular contraction on discharge of group III. And IV. Afferent. *Journal of Applied Physiology*, 64, 2306-2313.
- Saxton, J. M. & Donnelly, A. E. (1995). Light concentric exercise during recovery from exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 347-351.
- Secher, N. H. (1975). Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. *Medicine and Science in Sports*, 7, 280-283.
- Secher, N. H., Vaage, O., Jensen, K. & Jackson, R. C. (1983) Maximal oxygen uptake in oarsmen. *European Journal of Applied Physiology*, 51, 155-162.
- Secher, N. H. & Vaage, O. (1983) Rowing performance, a mathematical model based on analysis of body dimensions as exemplified by body weight. *European Journal of Applied Physiology*, 52, 88-93.
- Secher, N. H., Espersen, M., Binkhorst, R. A., Andersen, P. A. & Rube, N. (1982) Aerobic power at the onset of maximal exercise. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 4, 12-16.
- Secher, N. H., Vaage, O. & Jensen, R. C. (1983) Rowing performance and maximal oxygen uptake in oarsmen. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 4, 9-11.
- St Clair Gibson, A., Lambert, M. I. & Noakes, T. D. (2001) Neural control of

force out put during maximal and submaximal exercise. *Sports Medicine* 31, 637-650.

Szogy, A. & Cherebetiu, G. (1974). Physical work capacity testing in male performance rowers with practical conclusions for their training, *Journal of sports medicine and physical Fitness*, 14, 218-223.

Vickers A. J., Fisher, P., Smith, C, Wyllie, S. E. & Lewith G. T. (1997). Homoeopathy for delayed onset muscle soreness: a randomised double blind placebo controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 31(4), 304-307.

Ziffren, P. (1984). *Olympic Record*. Los Angeles Olympic Organizing Committee. University of California: Los Angeles.

