

중장거리 수영선수의 속도변화에 따른 지구성운동이 혈중젖산과 무산소성역치 수준, 심박수, 및 최대산소섭취량에 미치는 영향

남사웅¹⁾ · 류재청²⁾

- 목 차 -

ABSTRACT

I. 서론

1. 연구필요성 및 목적

II. 연구방법

1. 피험자
2. 실험장비
3. 실험절차
4. 자료처리

III. 연구결과 및 논의

1. 속도변화

2. 혈중젖산농도

3. 심박수와 최대산소섭취량

4. 속도변화에 따른 지구성운동이 심박수, OBLA, 혈중젖산농도, 최대산소섭취량, 무산소성 역치수준개시점

IV. 결론

참고문헌

Effect of speed and endurance activities on heart rate, blood lactate, Vo_2 max anaerobic threshold(AT), OBLA and their correlation in swimmer

Nam, Sa-Woong · Ryu, Che-Chung

ABSTRACT

The study was undertaken to analysis Effect of speed and endurance activities on heart rate, blood lactate, Vo_2 max anaerobic threshold(AT), OBLA and their correlation in swimmer. Equipment for these consisted of bicycle ergometer for loading, YSI blood lactate analysis system for analysis of variables.

1) 제주대학교 체육학과 교수

2) 제주대학교 체육학과 조교수

1. The effect to the OBLA by velocity change with endurance showed rather high correlation and negative relation to the blood lactate concentration.

2. The correlation of OBLA and blood lactate concentration showed almost linearity and rather the more stable result in heart rate, the more delay of OBLA.

the correlation of Blood lactate concentration and heart rate showed negative relation, and Vo_2 max and heart rate also.

1. 서론

1. 연구필요성 및 목적

최근 스포츠 과학의 발달로 특정 스포츠 기술을 수행하는 과정에서 인간의 운동수행능력은 예측이 불가능할 정도로 향상되어왔다. 이 결과 높은 훈련강도로 장기간동안 점증적으로 운동을 수행할 능력은 지속적으로 증가해왔다. 크든 적든 인간의 운동수행능력에 특정요인이 좌우된다함은 여러 연구자료에서 보고되어왔다. 선수들의 경기기록과 성적을 최대화 시키기 위해서는 각 운동종목의 특성에 따른 훈련에 의한 지속적인 노력과 최대의 능력을 발휘할 수 있는 능력을 함양하는 것이다. Harre(1977)의 보고에 의하면 운동량은 운동강도와 반복되는 빈도에 따른 전체운동의 지속시간으로 평가할 수 있고, 경기력향상을 위한 트레이닝은 각 스포츠 종목에서 요구되는 특성에 따라서 이루어 져야하고, 지구력이 주종목이 되는 장거리 운동에서는 주파한 운동주행거리고, 파워를 요구하는 경기종목은 가해진 부하량과 반복의 회수로 각각 이루어 져야한다고 했다.

여(1993)에 의하면 지구성 운동능력의 평가에서 훈련 평가 지표로서 최대산소섭취량, 무산소성 역치수준(AT), 혈중젖산축적율, 심박수의 증가율 및 회복율에 의해 크게 좌우될 수 있다고 했다. Bellet 등(1967)에 의하면 혈중에 젖산의 투여로 인해 혈압의 감소와 심전도의 상승 효과가 있었다고 보고했다. 또한 Chowdhury와 Dey(1979)의 연구보고서에 의하면 운동중에 있는 근육군에 충혈성(hyperemia)에 혈중젖산의 역할을 분석하는 과정에서 밝혀진 결과 젖산은 근육운동의 빈호흡(tachypnea)에 역할을 돕는 일정한 호흡에 자극을 주었고, 증가하는 혈중젖산은 심폐시스템에 영향을 미쳤다고 했다.

특히 Treffene(1978)는 수영선수의 최대심박수에 도달했을 때 최대스피드(V_{max})를 산출하기 위하여 일정한 페이스 수영 직후 측정된 항상상태심박수(steady state heart rate)를 이용하는 방법을 기술하였다. 즉 최대스피드로 200m 수영후의 혈중젖산농도(blood lactate concentration)는 엘리트 중장거리 수영선수 보다 엘리트 단거리 수영선수에서 훨씬 더 높은 것으로 나타났다고 보고했다. Mader 등(1978)에 의하면 혈액과 근육산성도의 감소와 관련이 있는 근육젖산축적과 개개인의 젖산내한능력(tolerance capacity)은 선수들의 운동수행능력의 한계점을 이해하는 데 결정적인 요인이라 했다.

Hermansen(1972), Wasserman 등(1967) 등은 일정한 최대하부하의 유산상태에서 하지 운동동안 젖산축적에 관한 연구에 의하면 혈중젖산농도는 항상상태 혹은 매우 점차적으로 시간 경과에 따라 증가함을 증명하여 왔다고 보고했다. Prampero 등(1978)에 의하면 최대산소섭

중장거리 수영선수의 속도변화에 따른 지구성운동이 혈중젖산과 무산소성역치 수준, 심박수, 및 최대산소섭취량에 미치는 영향(남사웅·류재청)

취가 이루어 지는 상위 단계 강도의 수영에서 높은 정도의 젖산축적을 보였다. 따라서 최대산소섭취가 처음 발생하는 운동강도 혹은 AT와 관련한 젖산축적에 있어서 갑작스런 증가와 최대산소섭취량 및 최대스피드와의 관계를 더 알아볼 필요가 있다.

Astrand 등(1970), Cerretelli 등(1975)는 운동이 종료한 후 수분동안(3-10분) 발생하는 최대 혈중 젖산농도는 운동중 근육젖산농도를 반영하고, 무산소성 역치(AT) 상위의 증가하는 운동강도로 혈중젖산농도에 있어서 빠르게 증가한다고 보고했다.

한편 무산소성 역치(anaerobic threshold)의 발생은 운동강도의 증가에 따른 젖산농도에서 갑작스럽게 증가하는 시점으로 정의를 내릴 수 있고, Mader 등(1978)은 AT발생의 지표로서 혈중젖산농도의 4mol/L를 활용하였다.

Hermansen 등(1972), Nagle 등(1970), Treffene 등(1980), Davis(1979)에 의하면 정상상태 최대하 부하로 하지운동을 하는 동안 젖산축적에 대한 연구결과 운동강도(% V02 max)에 비례하는 정상상태 혈중젖산농도는 훈련이 된 피험자에서 최대산소섭취량의 83% 이하 운동강도에서 5분 전에 도달했고, 이러한 젖산농도는 첫 혈중젖산 수준이 적절한 정상상태 수준 보다 더 높던 혹은 더 낮던 상관 없이 도달했다. 혈중젖산농도는 최대산소섭취량의 83% 이상을 요구하는 정상상태운동강도로 수행되는 것과 같이 최대산소섭취량 94%수준에서 4mol/l까지 계속해서 점차 증가하였다.

김(1992)은 젖산역치수준이 출현하는 시점에서 산소섭취량은 최대산소섭취량이나 그의 변인 보다 지구성 운동능력과 높은 상관을 보이며, 운동요법 등의 효과를 평가하는 데 지표가 될 수 있고, Dilip(1984)는 혈중젖산과 심박수, 및 혈압간의 관계는 유의한 것으로 지적하였고, 또한 스피드와 지구성 운동에 대한 직접적인 효과를 보였다고 보고했다.

따라서 본 연구의 주요 방향은 위의 여러 선행연구의 결과를 토대로 점증적 부하기간 불규칙적인 스피드로 지구성운동을 실시하는 동안 심박수, 혈중젖산축적, 및 무산소성 역치수준과, 운동지속시간, 최대산소섭취량(MaxV02)에 미치는 영향을 규명하는 데 있다.

II. 연구방법

1. 피험자

본 실험에 참여한 선수의 특징은 <표-1>과 같이 제주도 대표 및 국가대표급의 3명으로 모두 전국규모 시합에서 현저한 기록을 보유한 선수들로서 자유형, 평영, 배영 및 개인혼영 중장거리 선수들로 구성하였다.

<표-1> 피실험자 특성

피험자	성별	신장(cm)	체중(kg)	연령(yr.)	경력(년)	종목
HTH	남	173	64	20	6	자유형 400m 1500m
NKC	남	178	63	20	5	평영 100m 200m
CCH	남	176	65	20	5	배영 200m 개혼 400m

중장거리 수영산수의 속도변화에 따른 지구성운동이 혈중젓산과 무산소성역치 수준, 심박수, 및 최대산소섭취량에 미치는 영향(남사웅·류재성)

최대산소섭취량은 올라웃(all-out)까지 산소섭취량중 가장 높은 것으로 채택하였고, 젓산역치는 혈중 젓산농도가 안정시를 벗어나, 급격한 증가를 보이는 시점 바로 이전으로 설정하였고, 올라웃까지 시간은 제 1회 운동부하를 준 시각부터 마지막 시간을 합산한 것으로 하였다.

심박수 측정은 매번 증가된 부하마다 측정을 하기위해 피험자 가슴 부위에 3개의 전극(electrode)을 한국체육과학연구원 실험 기자재 매뉴얼에 따라서 부착하였고, 또한 매 부하마다의 혈압을 측정하기 위해 피검자 왼쪽 상완 부위에 자동 혈압계를 장착한 뒤 부하를 주는 방법을 취하였다.

최대 산소 섭취량 측정은 최대 산소 섭취량 추정식(mARGARIA, 1983)에 따라 산출하였고, 최대하 부하 및 최대하 부하 도달 시간은 각 피검자의 부하가 All Out 이전의 것으로 산정하였다.

4. 자료 처리

본 연구의 목적에 따라 측정변인들은 점증적 부하기동안 불규칙적인 스피드로 지구성운동을 실시하는 동안 심박수, 혈중젓산축적, 및 무산소성 역치수준과, 운동지속시간, 최대산소섭취량(MaxV_{O2})의 평균, 편차 및 회귀식을 산출하고, 스피드와 지구성 운동이 본 연구의 종속변인에 대한 효과를 규명하기 위해 피어슨 상관관계를 산출하였다.

III. 연구결과 및 논의

1 스피드 변화

점증적 부하기 동안 각 피험자마다의 all-out상태가 될 때마다 매 시행기간동안 스피드 변화에 대한 결과는 <표-3> 및 <그림-2>와 같다.

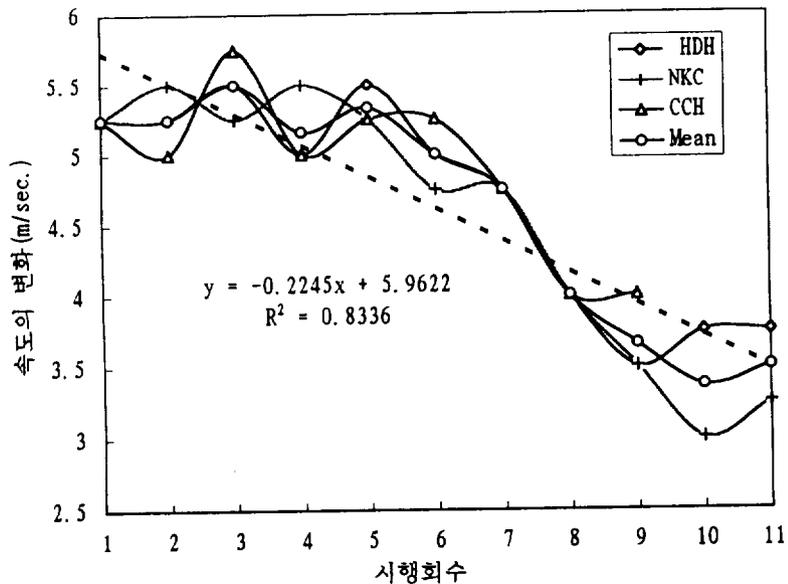
<표-3> 점증적 부하기 동안 스피드 변화

(단위: m · s⁻¹)

부하	점증적 부하(KP): 매 2분간격												
	0	.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	평균±편차
HDH	0	5.25	5.25	5.5	5.0	5.5	5.0	4.75	4.0	3.5	3.75	3.75	4.65±.76
NKC	0	5.25	5.5	5.25	5.5	5.25	4.75	4.75	4.0	3.5	3.0	3.25	4.54±.94
CCH	0	5.25	5.0	5.75	5.0	5.25	5.25	4.75	4.0	4.0	×	×	4.91±.58
평균±편차	0	5.25±0.00	5.25±0.25	5.50±0.25	5.16±0.28	5.33±0.14	5.00±0.25	4.75±0.00	4.00±0.00	3.66±0.28	3.37±0.53	3.50±0.35	×

각 피험자별 주 종목은 모두 중장거리로서 첫째 HDH는 자유형 400m, 1500m, NKC의 경우는 평형으로서 100m, 200m, CCH의 경우는 배영 200m, 계혼영400로서 모두 전국 규모 수영시합에서 입상을 한 선수들로 구성하였다.

각 피험자별 부하기동안 평균 속도는 HDH의 경우 $4.65 \pm .76\text{m/sec.}$, NKC의 경우 평균 $4.54 \pm .94\text{m/sec.}$, CCH의 $4.91 \pm .58\text{m/sec.}$ 각각 나타났고, 모든 피험자의 평균 속도 변화에서 부하가 점증적으로 가중될수록 다소 변화의 폭을 보였지만 전반적인 변화양상은 점차 감소하는 추세를 볼 수 있으며, 이의 감소경향에 대한 회귀식은 $Y = -.2245x + 5.9622 (R^2 = .8338)$ 로 나타났다.



〈그림-2〉 점증적 부하기동안 속도변화 양상

2. 혈중젖산농도

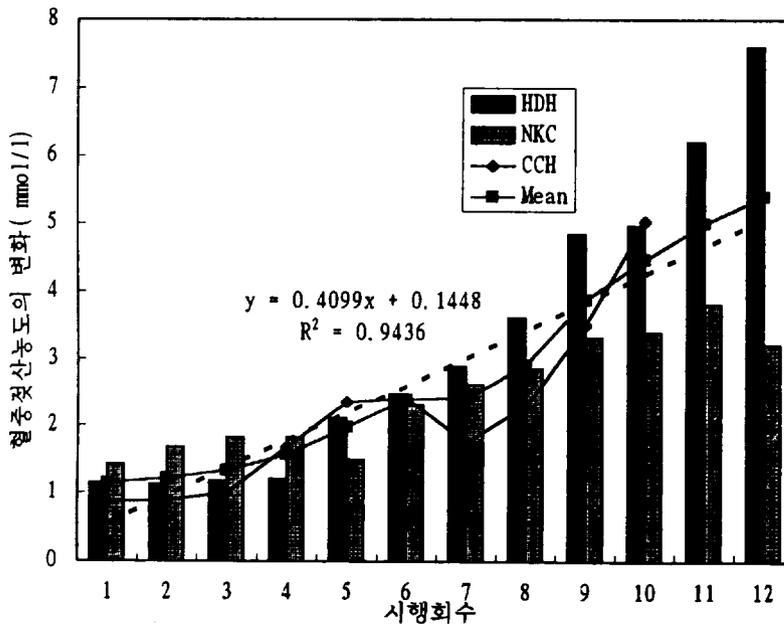
점증적 부하기 동안 혈중젖산농도의 변화 및 무산역치수준개시점(OBLA)에 대한 결과는 〈표-4〉 및 〈그림-3〉과 같다.

각 시행회수에 대한 개인별 혈중젖산축적 전체평균은 HDH의 경우 평균 $3.27 \pm 2.18\text{mmol/l}$, NKC의 경우 평균 $2.48 \pm .83\text{mmol/l}$, CCH의 경우 평균 $2.17 \pm 1.29\text{mmol/l}$ 로 각각 나타났으며, 점증적 부하기동안 가장 높은 혈중젖산축적을 보인 경우는 HDH, NKC, CCH의 순으로 나타났다. 한편 각 피험자별 무산소성 역치수준이 개시된 시점(OBLA)은 HDH가 부하를 주기 시작한 18분 후에, NKC의 경우는 20분 후에, CCH의 경우는 20분 후에 각각 나타났다. 전체 피험자의 무산소 역치수준 개시점은 점증적 부하를 주기시작한 20분 후에 나타났다.

중장거리 수영선수의 속도변화에 따른 지구성운동이 혈중젖산과 무산소성역치 수준, 심박수, 및 최대산소섭취량에 미치는 영향(남사용·류재창)

〈표-4〉 점증적 부하기 동안 혈중젖산농도변화 및 무산소 역치수준 개시점(단위: mmol/l)

부하 피험자	점증적 부하(KP): 매 2분간격												평균 ± 편차
	0	.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	
HDH	1.14	1.12	1.17	1.20	2.11	2.48	2.89	3.61	4.83	4.96	6.20	7.60	3.27 ± 2.18
NKC	1.42	1.67	1.82	1.82	1.49	2.31	2.63	2.86	3.32	3.39	3.80	3.21	2.48 ± .83
CCH	0.87	0.89	1.00	1.67	2.35	2.41	1.75	2.30	3.50	5.03	×	×	2.17 ± 1.29
평균 ± 편차	1.14 ± 0.27	1.22 ± 0.40	1.33 ± 0.43	1.56 ± 0.32	1.98 ± 0.44	2.40 ± 0.08	2.42 ± 0.59	2.92 ± 0.65	3.88 ± 0.82	4.46 ± 0.92	5.00 ± 1.67	5.40 ± 3.10	×



〈그림-3〉 점증적 부하기 동안 혈중젖산농도변화 및 무산소 역치수준 개시점

All-out이점을 비교하면 피험자 CCH의 10회부하(20분) 이외는 모두 12회(24분 부하)로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 점증적 부하기동안 혈중젖산축적의 증가기울기는 $Y = 0.4099x + 0.1448$ ($R^2 = 0.9436$)의 회귀식으로 부하와 시간의 지연에 따라서 혈중젖산농도의 축적 추세는 거의 직선적으로 증가함을 알 수 있다.

Treffene(1978)는 수영선수의 최대심박수에 도달했을 때 최대스피드(V_{max})를 산출하기 위하여 일정한 페이스 수영 직후 측정된 항상상태심박수(steady state heart rate)를 이용하

는 방법을 기술하였다. 즉 최대스피드로 200m 수영후의 혈중젖산농도(blood lactate concentration)는 엘리트 중장거리 수영선수 보다 엘리트 단거리 수영선수에서 훨씬 더 높은 것으로 나타났다고 보고했다.

또한 Hermansen 등(1972), Nagle 등(1970), Treffene등(1977), Davis(1979) 에 의하면 정상상태 최대하 부하로 하지운동을 하는 동안 젖산축적율은 운동강도(% V02 max)에 비례하는 정상상태 혈중젖산농도는 훈련이 된 피험자에서 최대산소섭취량의 83% 이하 운동강도에서 5분 전에 도달했고, 이러한 젖산농도는 첫 혈중젖산 수준이 적절한 정상상태수준 보다 더 높던 혹은 더 낮던 상관 없이 도달했다. 또한 혈중젖산농도는 최대산소섭취량의 83%이상 을 요구하는 정상상태운동강도로 수행되는 것과 같이 최대산소섭취량 94%수준에서 .4mol/l까지 계속해서 점차 증가하였다고 보고했다.

이러한 결과를 볼 때 본 연구의 최대산소섭취량은 모든 피험자 평균에서 볼 때 최대산소섭취량과 무산소성 역치수준 개시점과는 차이가 없이 거의 같은 시점에서 발생했음을 알 수 있다. 이러한 측면에서 선행연구의 최대산소섭취량 94% 수준에서 무산소성 역치수준이 발생한 것과는 다소 차이를 보이고 있는 바, 본 연구의 피험자들이 무산소성 역치수준이 선행연구의 결과 보다 다소 지연되어 나타난 바, 오히려 지구성 선수들의 상황에서 본 연구의 피험자가 더 유리함을 알 수 있다.

3. 심박수와 최대산소섭취량의 변화

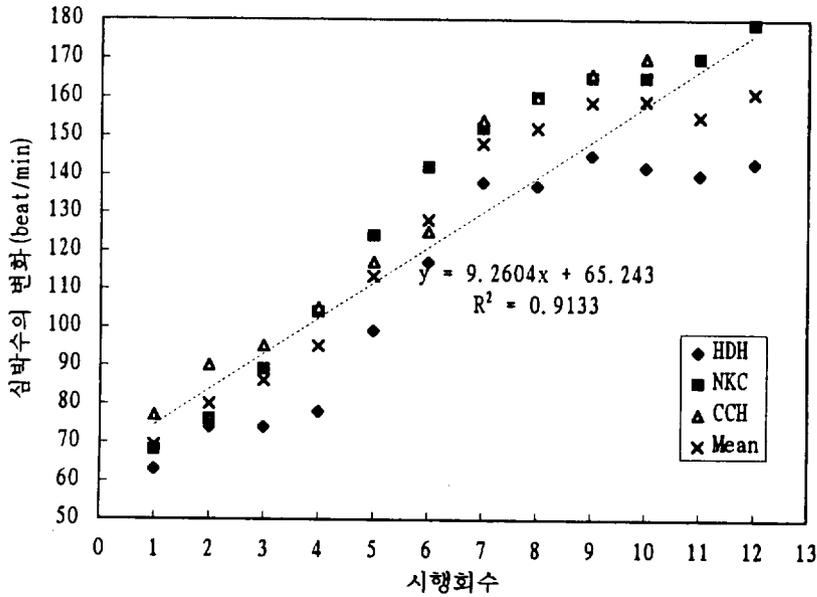
점증적 부하기동안 심박수의 변화 및 최대산소섭취량의 분석결과는 <표-5> 및 <그림-4>와 같이 All-out될 때까지 개인별 평균 심박수는 HDH의 경우 112.5±32.57beat/min, NKC의 평균 132.83±39.35beat/min, CCH의 평균 129.33±34.63beat/min으로 각각 나타났다.

<표-5> 점증적 부하기 동안 심박수의 변화

(단위: beat/min)

부하 피험자	점증적 부하(KP): 매 2분간격												평균± 편차
	0	.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	
HDH	63	74	74	78	99	117	138	137	145	142	140	143	112.5 ± 32.57
NKC	68	76	89	104	124	142	152	160	165	165	170	179	132.83 ± 39.35
CCH	77	90	95	105	117	125	154	160	166	170	X	X	129.33 ± 34.63
평균±편차	69.33 ± 7.09	80.00 ± 8.71	86.00 ± 10.81	95.66 ± 15.30	113.3 ± 12.89	128.0 ± 12.76	148.0 ± 8.71	152.0 ± 13.27	158.6 ± 11.84	159.0 ± 14.93	155.0 ± 21.22	161.0 ± 25.45	X

중장거리 수영선수의 속도변화에 따른 지구성운동이 혈중젖산과 무산소성역치 수준, 심박수, 및 최대산소섭취량에 미치는 영향(남사웅·류재정)



〈그림-4〉 점증적 부하기 동안 심박수의 증가추세

점증적 부하기 계속되는 동안 심박수의 증가추세는 $Y = 9.2604x + 65.243 (R^2 = 0.9134)$ 로 나타난 바, 거의 직선적인 증가경향을 보였다.

이러한 심박수를 기준으로 각 개인별 최대산소섭취량은 Margaria(1983)의 추정식으로부터 산출한 결과 HDH의 경우 31 ml/kg. min, NKC의 경우 44 ml/kg. min, CCH의 39 ml/kg. min로서 NKC, CCH, HDH의 순서로 나타났다.

4. 속도변화에 따른 지구성운동이 심박수, OBLA, 혈중젖산농도, 최대산소섭취량과의 관계

속도변화에 따른 점증적 부하의 지구성 운동을 하는 동안 심박수, 무산소성역치수준 개시점, 혈중젖산농도, 최대산소섭취량과의 관계를 분석한 결과는 〈표-6〉과 같다.

점증적 부하를 받는 동안 개인의 속도감소추세가 무산소 역치수준 개시점에 미치는 영향은 $r = -.58 (P < .05)$ 로서 다소 높은 역상관 관계를 보였고, 혈중젖산농도의 축적과는 $r = -.64 (P < .001)$ 로서 높은 역상관 관계를 보인 바, 부하기동안 속도의 감소현상으로 인한 무산소성 역치수준의 개시점은 다소 지연되고 있음을 알 수 있고, 혈중젖산농도의 축적 역시 속도가 감소하는 과정과는 달리 증가하고 있음을 간접적으로 시사해준다. 이러한 결과는 지속적으로 누적되어오는 부하량에 대한 속도의 감소로 인해 무산소 역치수준 개시점이 다소 지연작용을 하고 있는 것으로 이해되고, 혈중젖산농도의 증가 역시 누적되어온 피로로 인한 결과로서 해석됨을 간접적으로 알 수 있다.

무산소 역치수준의 개시점과 혈중젖산농도의 축적과는 $r = .988 (P < .001)$ 로서 거의 절대적인

비례관계가 있음을 알 수 있고, 심박수와는 $r = -.659$ 로서 역치수준 개시점이 지연될수록 심박수는 다소 안정되어 가는 결과로 이해할 수 있다. 역시 혈중젖산농도와 심박수와는 $r = -.576$ 으로서 젖산이 증가할수록 오히려 심박수의 경우는 다소 안정적인 상태를 유지하고 있음을 이해할 수 있다.

〈표-6〉 속도변화에 따른 지구성운동이 심박수, OBLA, 혈중젖산농도, 최대산소섭취량과의 관계

변인	속도(m/s)	OBLA(min)	혈중젖산농도(mmol/l)	최대산소섭취량	심박수
속도		-.58**	-.64***	.36	-.036
OBLA			.988***	.026	-.659
혈중젖산농도				-.115	-.576
최대산소섭취량					-.420
심박수					

N. 결 론

국가대표급 수영 중장거리 선수 3명을 대상으로 점증적 부하에 따른 속도의 변화 및 지구성 운동이 혈중젖산과 무산소성역치수준, 심박수 및 최대산소섭취량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 자전거 에르고메타와 혈중젖산분석시스템(YSI blood lactate analysis System)을 이용하여 점증적 유산소성 운동을 실시하는 동안 체내에 축적된 혈중젖산과 심박수를 활용하여 분석한 결과 얻어낸 결론은 다음과 같다.

1. 속도의 감소에 따른 지구성 운동이 무산소성 역치수준 개시점에 미치는 영향은 다소 높은 역상관을 보인 바, 속도의 변화가 OBLA에 영향을 미침을 알 수 있고, 혈중젖산농도의 축적과는 $r = -.64$ ($P < .001$)로서 높은 역상관 관계를 보인 바, 역시 부하기동안 속도의 감소현상으로 인한 혈중젖산축적의 감소작용에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

2. 무산소 역치수준의 개시점과 혈중젖산농도의 축적과는 $r = .988$ ($P < .001$)로서 거의 절대적으로 영향을 미치는 것으로 나타났고, 심박수와는 $r = -.659$ 로서 역치수준 개시점이 지연될수록 심박수는 다소 안정된 결과를 보였다. 혈중젖산농도와 심박수와는 $r = -.576$ 으로서 젖산이 증가할수록 오히려 심박수의 경우는 다소 안정적인 상태를 보였고, 최대산소섭취량과 심박수와는 다소 약한 부적인 관계를 보인바, 상호간에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3. 이상을 종합하면 본 연구에 참여한 수영 중장거리선수들의 혈중젖산축적율은 다소 낮은 상태를 유지한 결과 무산소성 역치수준이 지연되었고, 특히 최대산소섭취량과 무산소성 역치수준과 거의 동시에 발생하여 선행연구의 최대산소섭취량 92%수준에서 발생하는 것보다 중장거리 선수의 지구성운동에 더 유리함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- 김현수(1992). 적정운동강도로서 젖산역치가 갖는 생리학적 의의, 인체와 운동과학.
- 양정옥(1990). 최대운동부하 후 심박수와 혈중젖산 농도의 회복율에 관한 연구. 한국체육학회지: 제29권 제 1호.
- 여남희(1993). 운동선수들의 훈련강도 설정에 관한 연구. 한국체육학회지: 제22권 제 1호.
- Astrand PO, Rodhahl K. (1970). Textbook of work physiology. NY: McGraw-Hill, 297-301, 350-353.
- Bellet S. (1967). The effect of sodium lactate on cardiac function: an experimental study on dog. Am J Med Sci : 233: 386-395.
- Chowdhury SK, Dey MS.(1979). Effect of sodium lactate on cardiovascular system. J Sports Med Phys Fitness: X I X(3): 229.
- Cerretelli P, Ambrosoli G, Fumagalli M. (1975). Anaerobic recovery in man. Eur J. Appl Physiol. 34: 142-148.
- Davis H, Gass GC.(1979). Blood lactate concentration during incremental work before and after max exercise. British J Sports Med., 13(4).
- Dilip K. B.(1984) Effect of speed and endurance activities on blood pressure, heart rate and blood lactate, and their correlation. J Sports Med., Vol 24, 1984.
- Hermansen L., Stensvold I.(1972). production and removal of lactate during exercise in man. Acta Physiol Scand, 86: 191-201.
- Mader A, Heck H, Hollan W.(1978). Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of past exercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle-distance runner and swimmers. The international congress of physical activity science 4, Exercise Physiology, 187-200.
- Nagle F, Robinhold D, Howley E, Daniels J, Baptista G, Stoedefake K.(1970). Lactatic acid accumulation during running submax aerobic demands. Med Sci Sports. 2(4): 182-186.
- Treffene RJ. (1978). Swimming performance test. A method of training and performance time selection. Aust J Sports Med, 10(2): 33-38.
- Treffene RJ, Alloway J.(1978). Heart rate: Velocity curve of swimmers. The international swimmer, 14(6): 22-23.
- Wasserman K, Van Kessel AL, Burton GG.(1967). Interaction of physiological mechanisms during exercise. J Appl Physiol, 22(1): 71-85.