

견인수영중의 심박수-산소섭취량 관계에 미치는 수영능력의 영향

최 태 희*

Effect of Swimming Ability on the Relationship between Heart Rate - Oxygen
Uptake during Tethered Swimming

Tae-Hee Choi

(Department of Physical Education, Cheju National University of Education)

ABSTRACT

The relationship between heart rate and oxygen uptake during the tethered swimming and the distribution of heart rate during swimming lessons for three groups classified according to their swimming ability are studied. The results are summarized in the following:

1. The VO_{2rest} of the male A group(0.523 ℓ /min) is significantly higher than those of the female A group(0.244 ℓ /min) and the female B group(0.247 ℓ /min).
2. The VO_{2max} of the male A group(2.887 ℓ /min) is significantly higher than that of the female A group(2.186 ℓ /min), while no significant differences between the male A group and the female B group(2.330 ℓ /min) are found.
3. As for the tethered swimming, the VO_2 of the female A group is lower

* 제주교육대학교 체육교육과 조교수

than that of the male A group by 0.235~0.438 l/min. It indicates that the female A group has an advantage over the male A group due to the smaller physique and the lighter underwater body weight.

4. As for the tethered swimming, it is shown that the heavier the tethered load is, the more the $\dot{V}O_2$ of the female B group is. It indicates that the female B group suffers more load for the same weight because the swimming ability is relatively lower than that of the other groups.

5. The distribution of the heart rates during time trial, practices and combination for the male A group are 46.3~55.6%, 63.1~63.8% and 64.6~67.6% between AerT and AnT, and 20.1~36.1%, 30.0~36.2% and 25.1~32.8% over AnT. This indicates that both aerobic and anaerobic power may be improved by these swimming lessons.

6. The distribution of the heart rates during time trial, practices and combination for the female A group are 11.3~20.1%, 34.8~48.6% and 34.8~63.1% between AerT and AnT, and 5.1~7.8%, 2.1~5.4% and 0.0~2.3% over AnT. This indicates that aerobic power may be improved by these swimming lessons.

7. The distribution of the heart rates during time trial, practices and combination for the female B group are 19.3~28.5%, 30.8~37.1% and 34.6~56.8% between AerT and AnT, and 2.8~4.7%, 0.0~0.0% and 0.0~0.0% over AnT. This indicates that aerobic power may be improved by these swimming lessons.

I. 서 론

20세기 초부터 작업중의 에너지 소비량을 나타내는 대표적인 지표로서 산소섭취량(이하, $\dot{V}O_2$ 라고 표기)이 이용되어져 왔다. 이것은 호기가스중의 산소와 이산화탄소를 분석함으로써 산출되어진다. 이러한 $\dot{V}O_2$ 에 관한 연구의 결과는 지구성 경기선

수(장거리 육상경기 및 경영선수 등)의 특성파악이나 경기성적 그리고 운동처방을 위한 지표나 그에 따른 효과·판정을 중심으로 한 응용연구에 사용되어진다.

상기와 같은 영역의 연구에서는 운동량과 생체 반응과의 관계를 동등하게 하기 위한 운동부하장치가 필요하다. 이러한 운동부하장치는 자연적인 운동중에 표준화된 운동부하를 제공함과 동시에 다양한 생리학적 기능이 정상상태에 달했을 때의 측정이 가능하도록 설계되어 있어 타당성과 재현성이 높다는 장점을 갖추고 있다¹³⁾.

육상운동의 대표적인 운동부하장치에는 트레드 밀(tread mill), 바이스클 에르고미터(bicycle ergometer) 및 스테어즈 밀(stairs mill) 등이 있다. 한편, 수평자세에서 행하여지는 운동, 수압에 의해 부력이 발생되어지는 운동, 호흡과 팔의 동작이 대응되어지는 운동, 추진력의 대부분은 팔에 의해 발생되어지는 운동 등의 육상운동과는 다른 특성을 갖고 있는 수영운동의 운동부하장치에는 실험용 水槽, 즉 전동모터로서 프로펠러를 회전시킴에 의해 발생되어지는 수류에 대항하여 피검자를 정위치에서 수영하게 하는 회류수조(flume swimming)나 피검자의 허리 벨트에 연결된 줄로서 후방에 설치된 도르래를 이용하여 수조 밖의 추를 견인하는 견인수조(tethered swimming) 등이 있다.

이러한 실험용 수조를 이용한 연구의 결과, 즉 견인 수영시의 부하량과 $\dot{V}O_2$ 는 직선관계를 나타내고 있으나¹²⁾, 수온의 저하에 따라 임의의 $\dot{V}O_2$ 에 대한 심박수의 저하를 초래하고²⁴⁾, 수중체중이 남자보다 가벼운 여자가 수영을 행함에 있어 유리한 조건이 되며⁹⁾, 동일속도에 대한 $\dot{V}O_2$ 는 미숙련자가 숙련자보다 유의하게 높다^{5),25)}고 하는 결과에서도 알 수 있듯이 운동강도의 설정에는 환경, 물리적 요인 및 대상자에 따른 조정이 필요하다는 것을 시사하고 있다.

또한 실험용 수조에 의하여 산출되어지는 생리학적 지표를 수영수업의 현장에서 직접 활용하기에는 측정기술상 많은 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 최근에는 수영수업중의 운동강도나 운동량을 추정하는데 $\dot{V}O_2$ 와 상관관계가 높고 간편성이 뛰어난 심박수(이하, HR이라고 표기)가 이용되어지고 있다. 필드에서의 응용연구, 즉 수영수업중의 운동강도의 측정에는 HR의 변화과정이 방수 가공되어진 휴대용 심박수 기억장치를 이용하여 산출되어진다. 이렇게 산출되어진 HR를 실험용 수조에서 산출되어진 $\dot{V}O_2$ 와 HR의 관계식에 대입시켜 수업중의 운동강도나 운동량을 추정하게 된다. 이것은 수중운동의 $\dot{V}O_2$ -HR은 직선관계를 나

타내고 있기 때문이다^{7),10),14),15),17)}

수영수업중의 운동강도를 HR로부터 분석한 연구에는 운동강도를 전체적으로 종합한 연구^{4),16),22)}가 주로 행하여지고 있으나, 이를 연습내용별로 분류하거나¹¹⁾, 운동 부하장치인 실험용 수조내에서 산출되어진 피검자의 생리학적 지표를 실제의 수영 수업에 응용하여 수영수업중의 운동강도를 연습내용별로 분류한 연구^{1),3)}는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 수영능력이 다른 남녀대학생을 대상으로 건인수영중의 $HR-\dot{V}O_2$ 의 관계에 미치는 수영능력의 영향과 실제의 수영수업중의 운동강도를 연습내용별로 분류하여 대학생의 수영지도에 대한 연습내용 선택시의 판단재료를 제공하는데 목적을 두었다.

II. 연구 방법

1. 분석 대상

경영 4종목, 즉 자유형, 배영, 평영 및 접영의 기능을 높임과 동시에 빠르고 긴 거리를 수영할 수 있도록 하기 위한 목적으로 실시된 H대학 체육전공학생 2학년의 수영수업을 수강한 건강한 학생 37명을 대상으로 했다. 이 수영수업은 50m 옥외 수영장에서 실시되었다. 그들은 수영수업전에 실시된 프리테스트의 결과에 따라 7그룹(상위 1그룹 ~ 하위 7그룹)으로 분류되었으며, 본 연구의 피검자로서 상위 1그룹 남자 3명(이하, 남자 A그룹이라고 표기), 여자 3명(이하, 여자 A그룹이라고 표기), 하위 6그룹 여자 3명(이하, 여자 B그룹이라고 표기)을 추출했다. 그들의 연령, 체중, 신장 및 수영능력은 <표 1>에 나타났다. 수영능력을 나타내는 4종목의 최고 기록은 남자 A그룹과 여자 A그룹이 여자 B그룹보다 유의하게 빠른 속도를 나타냈다($p < .01$).

<표 1> 피검자의 신체특성과 수영능력

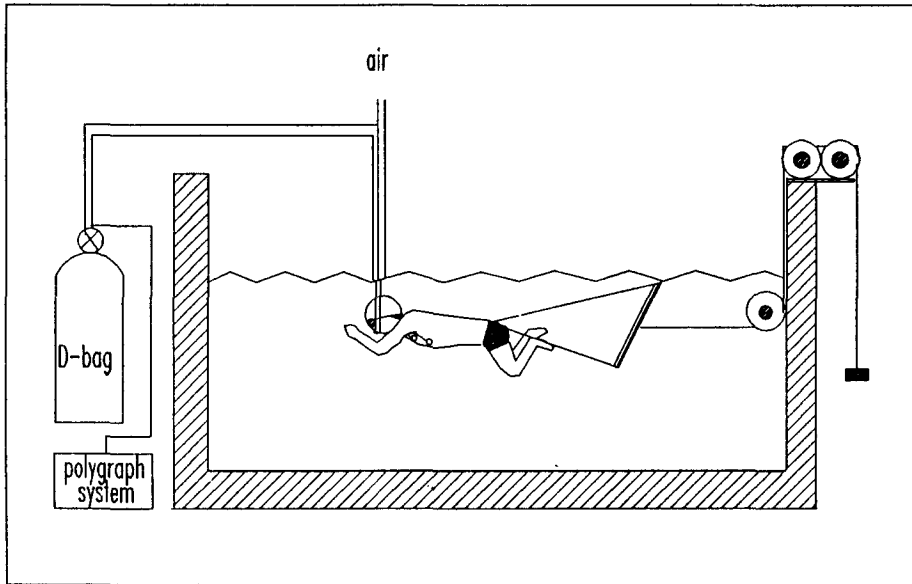
Group	Subject	Sex	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	Front crawl stroke(100m) (sec)	breast stroke (100m) (sec)	butterfly stroke (50m) (sec)	back crawl stroke (50m) (sec)
Male A	T. M	♂	19.5	61.0	170.0	76	94	37	44
	S. T	♂	20.0	57.5	163.0	78	95	50	44
	S. K	♂	19.8	68.0	179.7	73	92	49	42
Mean			19.8	62.2	170.9	75.7	93.7	45.3	43.3
SD			0.21	4.37	6.85	2.05	1.25	5.91	0.94
Female A	T. R	♀	19.5	43.5	149.8	76	113	45	41
	I. C	♀	19.8	55.0	158.0	84	99	47	43
	T. S	♀	20.3	53.5	157.0	62	98	38	32
Mean			19.9	50.7	154.9	74	103.3	43.3	38.7
SD			0.33	5.10	3.65	9.09	6.85	3.86	4.78
Female B	T. Y	♀	20.3	53.5	158.7	126	142	77	62
	N. T	♀	20.1	52.5	165.1	118	134	75	62
	M. K	♀	19.8	62.0	164.5	130	151	70	60
Mean			20.1	56.0	162.8	124.7	142.3	74.0	61.3
SD			0.21	4.26	2.89	4.99	6.94	2.94	0.94

2. 측정항목 및 방법

1) 견인수영중의 HR- $\dot{V}O_2$

각 피검자에 대한 견인수영중의 HR- $\dot{V}O_2$ 를 구하기 위해 間歇的 多段階負荷運動을 평영으로 실시했다. 운동부하장치로서 수온을 30℃로 설정한 牽引水泳用풀장(丸島株式회사, SKP-12000)을 이용했다. 이 견인수영용풀장은 <그림 1>에 나타낸 바와 같이 피검자의 허리 벨트에 연결된 줄로서 후방에 설치된 도르래를 이용하여 수조 밖의 추를 견인하는 장치이다.

운동부하조건으로서 안정시는 4분간 직립자세에서 어깨까지 물에 잠기도록 하였으며, 운동시의 부하는 남자가 1.5kg, 여자가 1.0kg으로 시작하였다. 이후 남자는 1.5kg씩, 여자는 1.0kg씩 증대하여 피검자를 올 아웃트에 이르르게 하였다. 각 부하의 운동은 5분간 실시하였으며, 각 시행간에는 심박수가 안정시 상태에 도달하기까지 충분한 휴식을 취하게 하였다.



〈그림 1〉 견인수영시의 레이아웃

피검자에게는 벨트로서 두부(頭部)를 고정한 Snorkel(슈노켈)형태의 採氣장치를 통하여 호흡하도록 하였고 Douglas bag(더그라스 백)에 호기가스를 採取하였다. 채기는 각 부하단계의 최후의 1분간에 실시했지만, 올 아웃에 달하는 단계에서는 1분, 또는 30초마다 연속 채기를 행하였다. \dot{V}_E (환기량)는 乾式가스미터(Shinagawa Co. DS-15A-T)로 측정하였고, O_2 와 CO_2 의 분석은 呼氣가스용 질량분석계(Perkin, Elmer社, MGA-1100)를 사용했다. 또한 운동중에는 胸部雙極誘導法으로 心電圖를 연속 기록하여, $\dot{V}O_2max$ (최대산소섭취량) 발현시의 후반 30초간의 R-R간격을 2배하여 HRmax(최고 심박수)로 하였다. 채기 장치에 장착한 Thermostat(서머스택)에 의해, 호흡곡선을 기록하고 $\dot{V}O_2max$ 발현시의 호흡회수를 1분간 계산하여 최고 호흡수를 구했다.

2) 견인수영중의 혈중유산농도

Aerobic Threshold(유산소성 작업역치 : 이하, AerT라고 표기)와 Anaerobic Threshold(무산소성 작업역치 : 이하, AnT라고 표기)에 대한 운동강도를 산출하기 위하여 각 부하의 운동이 끝난 1~2분내에 指血을 채혈하여 Lactate analyzer(젖산 분석기 :

YSI model 12L, USA)를 이용하여 혈중유산농도를 분석하였으며, 채혈중의 혈중유산농도가 2mmol/ℓ에 해당되는 HR과 $\dot{V}O_2$ 를 AerT(HR@AerT, $\dot{V}O_2$ @AerT)로, 혈중유산농도가 4mmol/ℓ에 해당되는 HR과 $\dot{V}O_2$ 를 AnT(HR@AnT, $\dot{V}O_2$ @AnT)로 구분했다.

3) 수영수업중의 운동강도

(1) 수영수업중의 물리적 운동강도

수영수업중의 연습내용, 수영거리 및 수영속도를 산출하기 위해 지도의 전 과정을 VTR카메라로 촬영했다. VTR의 재생화면에서 개개인의 움직임이 판별되도록 각 피검자에게는 색이 다른 수영모를 착용하게 하였으며 연습에 사용한 코스를 1대의 VTR카메라로 촬영했다. 또한 VTR카메라에 내장된 시간을 재생화면에 표시하여 개개인의 활동내용에 소요된 시간을 초단위로 나타냈으며 구해진 수영거리를 소요된 시간으로 나누어 수영속도를 산출했다.

(2) 수영수업중의 생리적 운동강도

수영수업중의 운동강도를 심박수로부터 산출하기 위해 Vine사제 Portable heart rate memory(휴대용 심박수 기억장치)를 피검자에 부착시켜 10초 간격의 心電信號(R波)를 胸部雙極誘導法으로 도출했다. 이와 같이 도출된 심전신호는 Mac reader(일종의 수신변환기)에 접속시킨 후 NEC-PC Personal computer를 사용하여 수영수업중의 심박수를 분석했다.

3. 자료처리

본 연구의 각 그룹간의 생리적 유의차 검정(t검정)은 평균치 차의 양측 검정을 통한 분석을 행하였으며, 유의 수준은 위험률 5% 미만으로 했다. 또한 각 건인 부하에 대한 $\dot{V}O_2$ 와 HR- $\dot{V}O_2$ 의 직선회기식은 최소 2승법에 의해 산출하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 결과

1) 건인수영중의 HRrest, HRmax, $\dot{V}O_{2rest}$, $\dot{V}O_{2max}$ 그리고 HR- $\dot{V}O_2$
 건인수영중의 HRrest(안정시 심박수), HRmax(최고 심박수), $\dot{V}O_{2rest}$ (안정시 산소
 섭취량), $\dot{V}O_{2max}$ (최대산소섭취량) 그리고 HR- $\dot{V}O_2$ 의 관계식을 <표 2>에 나타냈다.

<표 2> 건인수영중의 HRrest, HRmax, $\dot{V}O_{2rest}$, $\dot{V}O_{2max}$ 그리고 HR- $\dot{V}O_2$

Group	Subject	HRrest (beats/min)	HRmax (beats/min)	$\dot{V}O_{2rest}$ (ℓ /min)	$\dot{V}O_{2max}$ (ℓ /min)	$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min)	HR- $\dot{V}O_2$ Y:HR, X: $\dot{V}O_2$ (ℓ /min)	r_{xy}
Male A	T. M	84.0	189.8	0.398	2.966	48.6	Y=45.8X+50.7	0.961
	S. T	56.4	177.0	0.487	2.942	51.2	Y=46.0X+30.1	0.970
	S. K	84.4	186.0	0.685	2.753	40.5	Y=49.7X+52.3	0.997
Mean		74.9	184.3	0.523	2.887	46.8	Y=45.6X+45.6	0.923
SD		13.11	5.37	0.1200	0.0953	4.56		
Female A	T. R	54.0	175.2	0.218	1.911	43.9	Y=71.4X+45.9	0.989
	I. C	76.0	182.2	0.278	2.422	48.4	Y=50.4X+62.8	0.997
	T. S	67.0	185.7	0.235	2.224	41.6	Y=63.7X+43.4	0.988
Mean		65.7	181.0	0.244	2.186	44.6	Y=59.5X+51.4	0.977
SD		9.03	4.37	0.2520	0.2104	2.82		
Female B	T. Y	64.8	189.6	0.238	2.286	42.7	Y=61.6X+52.0	0.995
	N. T	83.2	180.2	0.255	1.900	36.2	Y=62.6X+64.9	0.992
	M. K	58.0	174.4	0.250	2.803	45.2	Y=47.7X+51.3	0.991
Mean		68.7	181.4	0.247	2.330	41.4	Y=49.8X+63.9	0.929
SD		10.64	6.26	0.0068	0.3699	3.79		

HRrest(안정시 심박수), HRmax(최고 심박수), $\dot{V}O_{2rest}$ (안정시 산소섭취량), $\dot{V}O_{2max}$ (최대산소섭취량)
 HR(심박수)- $\dot{V}O_2$ (산소섭취량)

HRmax는 남자 A그룹이 184.3beats/min, 여자 A그룹이 181.0beats/min, 여자 B
 그룹이 181.4beats/min이었다. $\dot{V}O_{2rest}$ 는 남자 A그룹(0.523 ℓ /min)이 여자 A그룹

(0.244 l/min) 및 여자 B그룹(0.247 l/min)보다 유의하게 높았으며($p < .05$, $p < .05$), 체중당 $\dot{V}O_2$ 에서도 남자 A그룹(8.357ml/kg/min)이 여자 A그룹(4.984ml/kg/min) 및 여자 B그룹(4.435ml/kg/min)보다 유의하게 높았다($p < .05$, $p < .05$). $\dot{V}O_{2max}$ 는 남자 A그룹(2.887 l/min)이 여자 A그룹(2.186 l/min)보다 유의하게 높았지만($p < .05$), 여자 B그룹(2.330 l/min)과의 유의한 차는 없었다. 체중당 $\dot{V}O_{2max}$ 는 남자 A그룹(46.8ml/kg/min)이 여자 A그룹(44.6ml/kg/min) 및 여자 B그룹(41.4ml/kg/min)보다 다소 높았지만 유의하지는 않았다. 피검자 모두 HR- $\dot{V}O_2$ 간에 높은 상관(0.961~0.997)의 직선관계를 나타냈으며, 남자 A그룹의 HR(Y)과 $\dot{V}O_2(X)$ 의 관계식은 $Y=45.6X+45.6(r=0.923)$ 이었으며, 여자 A그룹은 $Y=59.5X+51.4(r=0.977)$, 여자 B그룹은 $Y=49.8X+63.9(r=0.929)$ 이었다.

2) 각 견인부하에 대한 $\dot{V}O_2$

각 견인부하에 대한 $\dot{V}O_2$ 를 <표 3>에 나타냈다. 견인부하 1.0kg시의 $\dot{V}O_2$ 는 여자 A그룹(0.573 l/min)이 여자 B그룹(0.874 l/min)보다 0.301 l/min 적었고, 체중당 $\dot{V}O_2$ 에서도 여자 A그룹(11.779ml/kg/min)이 여자 B그룹(15.734ml/kg/min)보다 3.955 ml/kg/min 적었지만, 유의하지는 않았다. 또한 안정시의 $\dot{V}O_2$ 를 제외한 $\dot{V}O_2$ 도 여자 A그룹(0.329 l/min, 6.795ml/kg/min)이 여자 B그룹(0.627 l/min, 11.229ml/kg/min)보다 적었지만, 유의한 차는 아니었다. 견인부하 2kg시의 $\dot{V}O_2$ 도 여자 A그룹(0.832 l/min)이 여자 B그룹(1.211 l/min)보다 0.379 l/min 적었고, 체중당 $\dot{V}O_2$ 도 여자 A그룹(17.271ml/kg/min)이 여자 B그룹(21.709ml/kg/min)보다 4.438ml/kg/min 적었지만, 유의하지는 않았다.

한편, 견인부하 3.0kg에 대한 $\dot{V}O_2$ 는 여자 A그룹(1.308 l/min)이 남자 A그룹(1.532 l/min)과 여자 B그룹(1.574 l/min)보다 적었다. 또한 안정시 $\dot{V}O_2$ 를 제외한 $\dot{V}O_2$ 는 여자 B그룹(1.327 l/min)이 남자 A그룹(1.008 l/min)과 여자 A그룹(1.064 l/min)보다 많았지만, 유의한 차는 아니었다. 체중당 $\dot{V}O_2$ 에서는 남자 A그룹(24.663 ml/kg/min)이 여자 A그룹(27.132ml/kg/min)과 여자 B그룹(28.313ml/kg/min)보다 적었지만, 유의한 차는 없었다.

<표 3> 각 견인부하에 대한 $\dot{V}O_2$

단위(ℓ/min)

Group	Subject	0.0kg	1.0kg	1.5kg	2.0kg	3.0kg	4.0kg	4.5kg	5.0kg	6.0kg	7.5kg
Male A	T. M	0.398		1.431		1.713		2.411		2.652	2.966
	S. T	0.487		0.984		1.309		1.927		2.517	2.942
	S. K	0.685		0.977		1.573		2.010		2.505	2.753
Mean		0.523		1.137		1.532		2.116		2.558	2.887
SD		0.1200		0.2077		0.1675		0.2113		0.0666	0.0953
Female A	T. R	0.218	0.527		0.884	1.461	1.786				
	I. C	0.278	0.719		1.015	1.368	1.802	1.911	2.210	2.422	
	T. S	0.235	0.473		0.598	1.094	1.041		1.954	2.224	
Mean		0.244	0.573		0.832	1.308	1.543		2.082	2.323	
SD		0.2520	0.1055		0.1741	0.1558	0.3550		0.1280	0.0990	
Female B	T. Y	0.238	1.075		1.417	1.793	2.286				
	N. T	0.255	0.736		0.995	1.434	1.900				
	M. K	0.250	0.812		1.221	1.495	2.169	2.597	2.803		
Mean		0.247	0.874		1.211	1.574	2.118				
SD		0.0068	0.1450		0.1724	0.1568	0.1616				

3) 견인수영중의 $HR@AerT$, $\dot{V}O_2@AerT$, $HR@AnT$ 그리고 $\dot{V}O_2@AnT$

<표 4>는 혈중유산농도가 2mmol/ℓ에 해당되는 HR 과 $\dot{V}O_2$ 를 $AerT(HR@AerT, \dot{V}O_2@AerT)$ 로, 혈중유산농도가 4mmol/ℓ에 해당되는 HR 과 $\dot{V}O_2$ 를 $AnT(HR@AnT, \dot{V}O_2@AnT)$ 로 나타낸 것이다.

<표 4> 견인수영중의 $HR@AerT$, $\dot{V}O_2@AerT$, $HR@AnT$ 그리고 $\dot{V}O_2@AnT$

Group	Subject	$HR@AerT$		$HR@AnT$		$\dot{V}O_2@AerT$		$\dot{V}O_2@AnT$	
		(beats/min)	(%)	(beats/min)	(%)	(ℓ/min)	(%)	(ℓ/min)	(%)
Male A	T. M	111.1	25.6	149.7	62.1	1.320	44.4	2.165	72.9
	S. T	114.7	48.3	134.8	65.0	1.838	62.5	2.275	77.7
	S. K	116.8	31.9	159.0	73.5	1.297	47.2	2.147	78.1
Mean		114.2	35.3	147.8	66.9	1.485	51.4	2.196	76.1
SD		2.35	9.57	9.97	4.84	0.2498	7.96	0.0556	2.30
Female A	T. R	114.4	49.8	152.0	80.8	0.960	50.3	1.487	77.9
	I. C	150.5	70.1	168.8	87.4	1.739	71.9	2.103	86.9
	T. S	123.3	47.4	154.9	74.0	1.253	56.4	1.749	78.8
Mean		129.4	55.8	158.6	80.7	1.317	59.5	1.780	81.2
SD		15.36	10.18	7.33	5.47	0.3213	9.09	0.2524	4.04
Female B	T. Y	129.1	51.5	162.4	78.2	1.251	54.6	1.793	78.3
	N. T	133.2	51.5	164.6	83.9	1.092	57.5	1.594	83.9
	M. K	137.2	68.0	168.4	94.8	1.802	64.4	2.457	87.8
Mean		133.2	57.0	165.1	85.6	1.382	58.8	1.948	83.3
SD		3.31	7.78	2.48	6.89	0.3042	4.11	0.3690	3.90

$HR@AerT$ 와 $HR@AnT$ 의 % HR_{max} : $(HR_{ex}-HR_{rest})/(HR_{max}-HR_{rest}) \times 100$

$\dot{V}O_2@AerT$ 와 $\dot{V}O_2@AnT$ 의 % $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2ex}/\dot{V}O_{2max}$

남자 A그룹의 HR@AerT는 114.2beats/min(35.3%), HR@AnT는 147.8beats/min(66.9%), 여자 A그룹의 HR@AerT는 129.4beats/min(55.8%), HR@AnT는 158.6beats/min(80.7%)이었다. 여자 B그룹의 HR@AerT는 133.2beats/min(57.0%), HR@AnT는 165.1beats/min(85.6%)이었다. 또한 남자 A그룹의 $\dot{V}O_2@AerT$ 는 1.485 l/min(51.4%), $\dot{V}O_2@AnT$ 는 2.196 l/min(76.1%), 여자 A그룹의 $\dot{V}O_2@AerT$ 는 1.317 l/min(59.5%), $\dot{V}O_2@AnT$ 는 1.780 l/min(81.2%)이었다. 여자 B그룹의 $\dot{V}O_2@AerT$ 는 1.382 l/min(58.8%), $\dot{V}O_2@AnT$ 는 1.948 l/min(83.3%)이었다.

4) 수영수업중의 물리적 운동강도

각각의 연습에 소요된 시간은 상이하기 때문에 이 차를 제거하기 위하여 실제로 수영하고 있을 때의 수영속도를 비교하면, 여자 A그룹이 0.90m/sec로서 남자 A그룹(0.84m/sec)보다 빠른 속도를 나타냈지만 유의한 차는 아니었다. 그러나 여자 B그룹(0.61m/sec)은 여자 A그룹 및 남자 A그룹보다 유의하게 낮은 속도를 나타냈다 ($p < .01$, $p < .01$).

5) 수영수업중의 생리적 운동강도

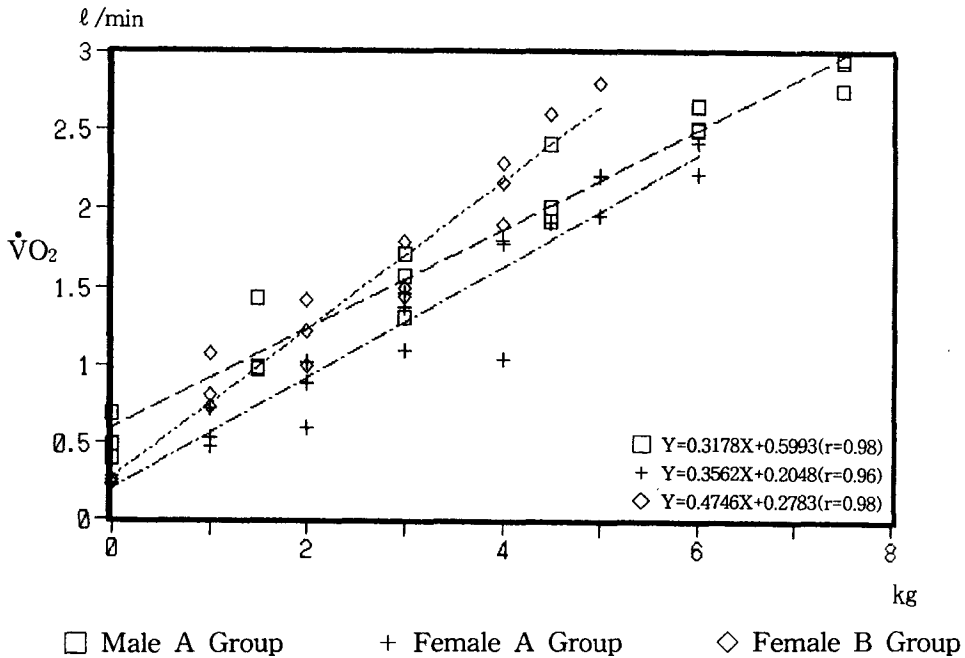
설명 및 휴식 등이 포함되어진 158.4분간의 수영수업중의 평균심박수는 남자 A그룹(122.2beats/min)이 여자 A그룹(103.2beats/min)보다 유의하게 높았으며($p < .01$), 설명 및 휴식 등을 제외한 78.3분간의 실제 수영시에도 남자 A그룹(134.1beats/min)이 여자 A그룹(116.8beats/min)보다 유의하게 높았다($p < .01$). 한편, 여자 B그룹은 전체 수영수업중의 평균 심박수가 113.4beats/min, 실제 수영시가 124.5beats/min로서 남자 A그룹과 여자 A그룹의 중간에 위치하였으나, 유의한 차는 없었다.

2. 논 의

1) 견인수영에 관한 논의

수영은 먼저 자신의 신체를 물에 뜨게 한 후, 추진 시켜야 한다. 이렇게 하기 위해서는 에너지를 스스로 생산해야한다. 따라서 에너지 생산능력이 동등하다면 뜨

기 위하여 필요한 에너지의 많고 적음이 추진을 위하여 이용되어질 수 있는 에너지의 양을 좌우하게 된다. 즉, 뜨기 위하여 필요한 에너지가 적은 사람이 추진에 보다 많은 에너지를 이용할 수 있어서 유리하다. 또한 이 차는 수중체중에 크게 의존되어지고, 수영능력이 동일하다면 뜨기 위해 필요한 에너지와 추진을 위한 에너지의 관계는 수중체중의 크기에 비례하며, 수영능력이 다르다면 동일한 부하에 대한 에너지 소비량이 달라진다. 현재 남녀의 세계기록은 競走에 비하여 競泳에 의하여 접근되어져 있고 이러한 요인은 여자의 높은 체지방률이 수영에서는 유리하게 작용하고 있기 때문이라고 사료된다.



<그림 2> 각 견인부하에 대한 $\dot{V}O_2$

각 견인 부하에 대한 $\dot{V}O_2$ 를 <그림 2>에 나타냈다. 횡축에는 견인되어진 부하량을, 종축에는 운동시의 $\dot{V}O_2$ 를 나타냈다. 수중안정시의 $\dot{V}O_2$ 는 남자 A그룹이 수영능

력이 동일한 여자 A그룹과 수영능력이 낮은 여자 B그룹보다 유의하게 많은 에너지를 소비했다. 이는 池上 등⁹⁾과 上田²³⁾의 여자는 남자보다 안정시에 필요한 에너지가 적게 사용된다는 결과와도 일치된다.

한편 각 견인 부하에 대한 $\dot{V}O_2$ 는 부하량의 증가에 따라 지수관수적으로 증대하였으며, 이러한 결과는 Holmer⁶⁾의 추진 $\dot{V}O_2$ 는 속도의 증가와 함께 증대되었다는 연구 결과와 일치하였다. 유의한 차는 아니었지만 전반적으로 여자 A그룹이 남자 A그룹보다 0.235~0.438 l/min 적은 $\dot{V}O_2$ 를 사용하는 경향을 나타냈다. 이는 池上 등⁹⁾의 낮은 운동강도(0.6m/sec)에서의 추진을 위한 $\dot{V}O_2$ 는 여자가 남자보다 적었다는 결과와 Pendergast et. al²⁰⁾의 실제로 수영하고 있을 때의 신체저항은 남자가 여자보다 유의하게 크다고 하는 결과에 기인한다고 사료되었다. 이러한 결과에 비추어 보면, 본 연구의 남자 A그룹과 동일한 능력을 갖고 있는 여자 A그룹의 왜소한 체격과 가벼운 수중체중이 각 견인 부하에 대한 $\dot{V}O_2$ 의 많고 적음에 유리하게 작용되었다고 사료되었다.

여자 B그룹은 견인부하 2.0kg를 넘어서면서 남자 A그룹과 여자 A그룹보다 급속하게 $\dot{V}O_2$ 가 증대하는 경향을 나타냈다. 견인부하가 무거워질수록 $\dot{V}O_2$ 가 급속하게 증대한 것은 여자 B그룹의 수영능력이 타 그룹보다 상대적으로 낮기 때문에 동일 부하에 대한 부담이 강하게 작용되었던 것에 기인하였다고 사료되었다. 이러한 결과는 회류수조를 이용한 숙련된 수영선수의 일정한 수영속도에 대한 $\dot{V}O_2$ 는 비숙련자와 비교하여 낮으며, 수중체중당 $\dot{V}O_2$ 를 수영속도로 나타내면 숙련도의 차가 보다 명확하게 나타난다는 Holmer⁵⁾의 연구, 동일속도에 대한 $\dot{V}O_2$ 는 미숙련자가 숙련자보다 유의하게 높다고 하는 涌井 등²⁵⁾의 연구 및 동일한 물리적 운동강도를 부여한 경우, 고영력군이 저영력군보다 심박수가 낮다고 하는 胡 등³⁾, 吉村와 森²⁶⁾의 연구에 의해서도 지지되어진다.

그러나 남자 A그룹의 최대 견인 부하는 여자 A그룹과 여자 B그룹보다 1.5kg~3.5kg 많았으며, $\dot{V}O_{2max}$ (l/min)도 남자 A그룹이 여자 A그룹과 여자 B그룹보다 많았다. 이는 宮下¹⁹⁾의 15~17세의 남자 수영선수가 여자 수영선수보다 대사능력이 크며, 체중과 관계가 깊은 체표면적은 인체의 물에 대한 저항의 개인차에 영향을 미치지 않는다는 宮下¹⁸⁾의 연구 결과를 고려하면, 대사능력은 절대치로 평가하는 편이 적절하다고 사료된다.

2) 수영수업에 관한 논의

평균 심박수는 운동강도를 나타내는 중요한 지표중의 하나이지만 이것으로 심박수 변동의 정도를 파악할 수는 없다. 수영수업중의 심박수는 연습내용에 의해 크게 변동한다. 따라서 심박수 분포로서 운동강도를 검토하여 보는 것도 중요하다. 더구나 이 분포를 각 연습내용별로 분류하면, 앞으로의 수영지도에 대한 연습내용 선택시의 판단재료를 제공하게 될과 동시에, 또한 이 분류를 AerT와 AnT라는 관점에서 분석하면 수영수업중의 심박수가 신체에 미치는 영향을 보다 명확하게 이해할 수 있을 것이라고 사료된다.

Holmer⁶⁾는 수영중의 유산소 에너지와 무산소 에너지의 추정 비율은 최대노력으로 수영한 경우 총 에너지 수요량의 약 80%가 무산소 에너지로 대체되며, 운동시간이 3분을 넘으면 유산소 에너지가 50% 이상을 차지한다고 하였으며, 黒川 등¹⁶⁾은 단거리 수영시의 유산소 에너지의 공헌을, 중·장거리 수영시의 무산소 에너지의 공헌을 무시할 수 없다고 지적하였다. Houston⁸⁾은 낮은 운동강도(중정도의 부하로서 6.1km : 400m의 거리를 짧은 휴식으로 반복)와 높은 운동강도(최대에 가까운 부하로서 1.15km : 25~100m의 거리를 긴 휴식으로 반복)로서 수영연습을 행한 결과, 낮은 강도에서는 ST섭유의 글리코젠이 FT섭유의 글리코젠보다 많이 고갈되어졌으며, 높은 강도에서는 양 섭유의 글리코젠이 동등하게 고갈되었다고 했다. Costill et. al²⁾은 낮은 수준의 부하에서는 ST섭유가 FT섭유보다 많이 사용되어지는 경향을 보이고 있으며 FT섭유는 비교적 높은 수준의 노력이 필요한 때에 사용되어진다고 하였다.

Skinner & Mcllellan²¹⁾의 가설모델에서는 혈중유산 2mmol/ℓ를 AerT, 4mmol/ℓ를 AnT라고 정의했으며, AerT~AnT간의 운동강도에서는 SO(Slow oxidative) 근섭유에 FOG(Fast, oxidative and glycolytic) 근섭유가 동원되어지고, AnT 이상의 운동강도에서는 이러한 근섭유와 함께 FG(Fast glycolytic) 근섭유가 동원되어 진다고 하였다. 또한 AerT는 유산소 지구력 향상의 최저한의 강도이며, AnT는 유산소 에너지 기구가 과중부하 되어지는 강도라고 했다. 이러한 연구의 결과는 AerT~AnT간에는 유산소 능력의 개선이, AnT 이상에서는 무산소 능력의 개선이 기대되는 운동강도가 된다는 것을 시사하고 있다.

<표 5> AerT와 AnT에 의해 구분되어진 각 연습내용의 심박수의 도수

단위(%)

Contents		Male A			Female A			Female B		
		AerT 이하	AerT AnT	AnT 이상	AerT 이하	AerT AnT	AnT 이상	AerT 이하	AerT AnT	AnT 이상
1. Warm-up	300m×1	24.7	72.8	2.5	74.7	25.3	0.0	47.5	48.8	3.7
2. Time trial(Front crawl stroke)	100m×1	29.4	50.5	20.1	79.4	12.7	7.8	73.4	22.7	4.1
3. Time trial(Breast stroke)	100m×1	22.5	46.3	31.3	82.9	11.3	5.8	76.1	19.3	4.7
4. Time trial(Back crawl stroke)	50m×1	8.3	55.6	36.1	72.9	20.1	6.9	68.8	28.5	2.8
5. Time trial(Butterfly stroke)	50m×1	20.1	54.7	25.2	79.7	15.2	5.1	70.1	27.0	2.9
6. Easy	100m×1	6.5	75.3	18.3	75.3	24.7	0.0	65.6	34.4	0.0
7. Front crawl stroke (Kick & pull use kickboards)	100m×4	0.7	63.1	36.2	59.9	34.8	5.4	69.2	30.8	0.0
8. Front crawl stroke(Kick & pull)	100m×3	6.2	63.8	30.0	49.3	48.6	2.1	62.9	37.1	0.0
9. Breast stroke(100m interval)	100m×2	2.6	64.6	32.8	34.6	63.1	2.3	65.4	34.6	0.0
10. Front crawl stroke (50m repetition)	50m×4	7.2	67.6	25.1	65.2	34.8	0.0	58.5	41.5	0.0
11. Breast stroke(50m repetition)	50m×4	2.7	66.7	30.6	61.2	37.7	1.1	43.2	56.8	0.0
Mean		11.9	61.9	26.2	66.8	29.8	3.4	63.7	34.7	1.6
SD		9.73	8.70	9.4	14.08	5.25	2.82	9.82	10.59	1.89

본 연구에서는 Skinner & Mcllellan의 가설모델에 의거하여 수영수업중의 심박수를 AerT와 AnT의 관점에서 분석하였다. <표 5>는 AerT와 AnT에 의해 구분되어진 각 연습내용에 따른 심박수의 도수를 그룹별로 나타낸 것이다. 남자 A그룹의 2~5의 4영법의 time trial에는 AerT~AnT간에 46.3~55.6%, AnT 이상에 20.1~36.1%의 심박수가 포함되어져 유산소 능력과 무산소 능력의 개선에는 이러한 연습이 유효하다고 사료되었다. 또한 7~8의 Front crawl stroke(kick & pull)의 기술연습과 9~11의 2영법의 combination에도 AerT~AnT간에 63.1~63.8%, 64.6~67.6%, AnT 이상에 30.0~36.2%, 25.1~32.8%의 심박수가 포함되어져 유산소 능력과 무산소 능력의 개선에 필요한 운동강도가 포함되어져 있었다.

한편, 여자 A그룹의 2~5의 4영법의 time trial에는 AerT~AnT간에 11.3~20.1%, AnT 이상에 5.1~7.8%, 여자 B그룹에는 AerT~AnT간에 19.3~28.5%, AnT 이상에 2.8~4.7%의 심박수가 포함되어져 유산소 능력의 개선에 필요한 운동강도가 포함되어져 있었으나, 무산소 능력의 개선에 필요한 운동량의 확보에는 거

리의 조정 및 실시에 따른 의미 부여의 고려가 필요하다고 사료되었다. 또한 여자 A그룹과 여자 B그룹의 7, 8의 Front crawl stroke(kick & pull)의 기술연습에는 AerT~AnT간에 각각 34.8~48.6%, 30.8~37.1%의 심박수가, 9~11의 2영법의 combination에는 AerT~AnT간에 각각 34.8~63.1%, 34.6~56.8%의 심박수가 포함되어 유산소 능력의 개선에는 이러한 연습이 유효하다고 사료되었다.

IV. 결 론

수영능력이 다른 남녀대학생을 대상으로 건인수영중의 HR- $\dot{V}O_2$ 의 관계에 미치는 수영능력의 영향과 수영수업중의 운동강도를 AerT와 AnT의 관점에서 비교·분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. $\dot{V}O_{2rest}$ (l/min)는 남자 A그룹(0.523 l/min)이 여자 A그룹(0.244 l/min) 및 여자 B그룹(0.247 l/min)보다 유의하게 높았다($p < .05$, $p < .05$).

2. $\dot{V}O_{2max}$ (l/min)는 남자 A그룹(2.887 l/min)이 여자 A그룹(2.186 l/min)보다 유의하게 높았지만($p < .05$), 여자 B그룹(2.330 l/min)과의 유의한 차는 없었다.

3. 건인부하시의 $\dot{V}O_2$ 는 여자 A그룹이 동일한 능력의 남자 A그룹보다 0.235~0.438 l/min 적은 양을 사용하였다. 이는 여자 A그룹의 왜소한 체격과 가벼운 수중체중이 유리하게 작용되었다고 사료되었다.

4. 건인부하가 무거워질수록 $\dot{V}O_2$ 가 급속하게 증대한 여자 B그룹의 경우는 수영능력이 타 그룹보다 상대적으로 낮기 때문에 동일부하에 대한 부담이 강하게 작용되었다고 사료되었다.

5. 남자 A그룹의 4영법의 time trial, 기술 연습 및 2영법의 combination에는 AerT~AnT간에 46.3~55.6%, 63.1~63.8% 및 64.6~67.6%, AnT 이상에 20.1~36.1%, 30.0~36.2% 및 25.1~32.8%의 심박수가 포함되어 유산소 능력과 무산소 능력의 개선에는 이러한 연습이 유효하다고 사료되었다.

6. 여자 A그룹의 4영법의 time trial, 기술 연습 및 2영법의 combination에는 AerT~AnT간에 11.3~20.1%, 34.8~48.6% 및 34.8~63.1%, AnT 이상에 5.1~

7.8%, 2.1~5.4% 및 0.0~2.3%의 심박수가 포함되어져 유산소 능력의 개선에는 이러한 연습이 유효하다고 사료되었다.

7. 여자 B그룹의 4영법의 time trial, 기술 연습 및 2영법의 combination에는 AerT~AnT간에 19.3~28.5%, 30.8~37.1% 및 34.6~56.8%, AnT 이상에 2.8~4.7%, 0.0~0.0% 및 0.0~0.0%의 심박수가 포함되어져 유산소 능력의 개선에는 이러한 연습이 유효하다고 사료되었다.

참 고 문 헌

- 1) 崔 泰義(1991), “泳力の高い大學體育專攻學生の水泳授業中の運動強度”, 廣島體育學研究, 17, 39-50.
- 2) Costill, D. L., Sharp, R. & Troup, J.(1980), *Muscle strength contributions to sprint swimming*, *Swimming World*, 21, 29-34.
- 3) 胡 泰志, 黒川隆志, 上田 毅, 崔 泰義, 崔 勝旭, 仰木孝治(1995), “高泳力群と低泳力群の遠泳中の運動強度”, *スポーツ方法學研究*, 8, 9-19.
- 4) 合屋十四秋(1986), “水泳授業時の心拍數變動と時間泳による運動處方の検討”, *デサントスポーツ科學*, 7, 203-213.
- 5) Holmer, I. (1974), *Physiology of swimming man*, *Acta. Physiol. Scand. Suppl.*, 407, 1-55.
- 6) Holmer, I. (1979), *Physiology of swimming man*, *Exerc.Sports Sci. Rev.*, 7, 87-123.
- 7) Holmer, I., Stein, E. M., Saltin, B., Ekblom, B. and Astrand, P. O.(1974), *Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running*, *J. Appl. Physiol.*, 37, 49-54.
- 8) Houston, M. E.(1978), *Metabolic responses to exercise with special reference to training and competition in swimming*, *Swimming Medicine*, 4, 207-232.
- 9) 池上晴夫, 重枝武司, 久山順子, 野村武男, 黒川隆志, 後藤慎二(1983), “水泳における浮くためのエネルギーと推進のためのエネルギーの男女比較”, *體育學研究*, 28(1), 33-42.
- 10) 石原俊樹, 宮下充正(1982), “有酸素作業能力向上のための水中運動の検討”, *J.J.Sports Sci.*, 1, 325-328.
- 11) 石崎忠利(1990), “中學生における各種水泳運動中の心拍數”, *學校體育*, 7, 64-67.
- 12) 黒川隆志(1988), “兒童の水泳時心拍數-酸素攝取量に及ぼす水溫の影響”, *デサントスポーツ科學*, 9, 158-165.
- 13) 黒川隆志(1988), “水中運動中の酸素攝取量”, *J.J.Sports Sci.*, 7, 491-498.

- 14) 黒川隆志,上田 毅(1986), “水泳時の心拍數-酸素攝取量に及ぼす水溫の影響”, 體力科學,35(1),304.
- 15) 黒川隆志,野村武男,富樫泰一,池上晴夫(1984), “水泳,ランニング及びペダリングにおける水泳選手の呼吸循環系の反應”, 體力科學,33,157-170.
- 16) 黒川隆志,富樫泰一,野村武男,池上晴夫(1985), “最大酸素負債量,最大酸素攝取量および酸素需要量と水泳記録との關係”, 體育學研究,29,295-305.
- 17) McArdle, W. D., Magel, J. R., Delio, D. J., Toner, M. & Chase, J. M.(1978), *Specificity of run training on $\dot{V}O_{2max}$ and heart rate changes during running and swimming*, Med.Sci.Sports, 10, 16-20.
- 18) 宮下充正(1970),水泳の科學,杏林書院.
- 19) 宮下充正(1972), “ハイスピード持續能力の解明-水泳選手にトレーニングを課すことによって得られた知見-”, 昭和47年度日本體育協會スポーツ科學研究報告,30-34.
- 20) Pendergust, D. R., di Prampero, P. E., Craig, A. B. Jr., Wilson, D. R. and Rennie, D. W.(1977), *Quantitative analysis of the front crawl in man and woman*, J. Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol., 43, 475-479.
- 21) Skinner, J. S. & McLellan, T. H.(1980), *The transition from aerobic to anaerobic metabolism*, Res.Quart., 51, 234-248.
- 22) 上田 毅(1988), “有酸素能力の改善を目指した水泳授業の實驗的研究-心拍數と主觀的運動強度を用いた水泳授業の分析-”, 廣島大學大學院教育學研究科,修士論文.
- 23) 上田 毅(1997), “水泳における運動強度の指標としての主觀的運動強度(RPE)の有用性”, 廣島大學大學院教育學研究科,博士論文.
- 24) 上田 毅,崔 泰義,黒川隆志(1994), “兒童の異なる水溫下での水泳における主觀的運動強度の検討”, Ann.Physiol. Anthropol.,13,23-31.
- 25) 涌井忠昭,高橋繁浩,北川 薫,石河利寛(1987), “水泳および水中歩行における運動強度の指標としての心拍數,運動スピード,主觀的運動強度の有効性”, 東海保健體育科學,9,1-9.
- 26) 吉村 豊,森 正明(1984), “水泳における授業效果の検討-水球ゲームを中心とした授業内容について”, 中央大學保健體育研究科紀要,2,1-45.