

한국 해녀에서 잠수복 착용이 작업시간 및 열대사에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 생리학교실

강두희 · 강복순 · 이종우 · 김희중

=Abstract=

Effect of Wearing Diving Suit on Energy Metabolism and Diving Time Period in Korean Women Divers

Doo Hee Kang, M.D., Bok, Soon Kang, M.D.,
Joong Woo Lee., and Hee Joong Kim.

Department of Physiology Yonsei University College of Medicine

Rectal temperature, skin temperature and oxygen consumption were measured in five women divers during diving under two conditions a) wearing a cotton bathing suit and b) wearing a diving suit and the following results were obtained.

1. The duration of the diving period was 30 min with the cotton bathing suit whereas it was above 120 min with the diving suit.
2. The average rectal temperature fell to 34.5°C after 30 min of diving with the cotton bathing suit. On the other hand, with the diving suit, immediately after submersion, the rectal temperature rose about 3°C and remained at about 39°C throughout the diving period of 120 min.
3. Average mean skin temperature during diving was 11°C and 21°C with cotton bathing suit and with the diving suit, respectively. The mean body temperature fell to 25°C with the cotton bathing suit while it reached 32°C with the diving suit at the end of each diving period.
4. Oxygen consumption during diving was three fold of the pre-dive level with the cotton bathing suit but it was two fold with the diving suit.
5. Total extra heat loss was 328 kcal during 120 min of diving with the diving suit. On the contrary, with the cotton bathing suit, it was 528 kcal for 30 min.

These results may suggest that the prolongation of the diving period with the diving suit is primarily due to maintenance of core temperature at more or less physiological level as a result of reduction in conductive heat loss from the body surface to the water and the preferential distribution of blood in the core area.

I. 서 론

한국 해녀들은 봄, 여름, 가을뿐 아니라 바다물의 온도가 10°C 내외가 되는 추운 겨울철에도 면수영복만 이 논문은 1975년도 연세대학교 스포츠 연구비에 의하여 진행되었음.

을 착용하고 잠수작업에 종사하고 있기 때문에 한냉환경에 항상 노출되고 있는 셈이다.

본 교실에서는 과거 수년간 이들 해녀들을 대상으로 잠수작업의 실태(Hong, et al., 1963, Kang et al., 1963) 각종 호흡기능의 특성(Hong et al., 1963, Song et al., 1963) 잠수작업시의 열대사(Kang et al., 1965) 및 한냉 적응 현상등에 관한 연구보고를 많이 해왔다.

그러나 근자에 와서 한국 해녀들도 잠수복을 착용하고 잠수작업을 하기 시작하였다. 잠수복 착용은 수중에서 체온손실을 방지할 것이므로 해녀들의 잠수작업시간이 연장될 것으로 기대되나 이에 관한 계통적인 실험보고가 없기에 본 실험에 착수하였다.

따라서 본 실험에서는 잠수복 착용시와 면수영복 착용시에 해녀들의 잠수작업시간, 잠수시직장온도, 피부온도 및 산소소모량의 변화등을 측정 비교하였다.

II. 실험재료 및 방법

본 실험은 1976년 1월 부산영도 앞바다의 수심 약 5 m 해역에서 해녀들이 잠수작업에 종사하고 있을 때 시행하였다. 피검자는 부산영도에 거주하고 있는 5명의 해녀로서 이들은 과거 본 교실에서 시행하였던 해녀연구의 실험 대상자로서 춘하추동 잠수작업에 종사하고 있는 해녀들이다. 피검자들의 신체적 특징은 제 1 표에 표시한 바와 같다.

실험은 먼저 해녀들에게 면수영복을 착용시키고 잠수작업에 임하게 하여 잠수작업에 종사할 수 있는 시간을 측정함과 동시에 잠수전과 잠수작업중의 직장온도, 피부온도 및 산소소모량을 측정한 후 2일후에 동일피검자에게 잠수복을 착용시킨 후 역시 같은 항목들을 측정하였다. 측정당시 해수온도는 11°C였고 대기온도는 3°C 이었다.

1. 잠수작업시간의 측정

면수영복 착용시와 잠수복 착용시에 해녀들이 잠수작업에 종사할 수 있는 최대시간을 측정하였으나 잠수복 착용시에는 두시간 이상 잠수작업이 가능하였으므로 이 경우는 모든 측정을 잠수후 두시간까지만 시행하였다.

2. 체온변화의 측정

a) 직장온도의 측정

직장온도는 tele-thermometer (Yellow Spring Instruments 회사제품)로 측정하였는데 직장온도 측정용 probe에 약 10 m의 cable을 연결한 후 이 probe를 직장내로 10 cm 정도 삽입고정 하였다. 우선 배위에서 안정시의 직장온도를 측정한 후 잠수작업에 임하게 하였으며 잠수중에는 5분 간격으로 측정하였다.

b) 피부온도의 측정

피부온도 역시 tele-thermometer를 이용하여 측정하였다. 이때는 피부온도 측정용 probe를 사용하여 먼저

제 1 표 피검자의 연령 및 체격

피검자	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	체표면적 (m ²)
A	48	166	61.0	1.68
B	54	151	55.0	1.50
C	52	157	55.0	1.54
D	45	157	56.0	1.55
E	48	150	41.5	1.32
평균치	49.4	156.2	53.7	1.52

배위에서 안정시의 피부온도를 전두부(Hf), 흉부(Hc), 전박부(Ha), 및 하지부(Hl)등 네부위에서 측정하였다. 잠수시의 피부온도는 면수영복 착용시는 전두부의 온도만을 측정하고 나머지 세부위는 잠수작업 당시의 해수온도와 동일한 것으로 간주하였다. 잠수복 착용시는 전두부와 전박부온도는 직접 측정하였고 하지부는 전박부와 동일한 것으로 간주하였으며 흉부온도는 약 10 m의 cable이 연결된 피부온도 측정용 probe를 흉부에 고정시켜 측정하였다. 이상의 각 경우에 있어서 평균 피부온도(Hs)는 하기공식에 의거 산출하였다. 즉 $H_s = 0.05 H_f + 0.45 H_c + 0.14 H_a + 0.36 H_l$

c) 평균체온의 산출

평균 체온은 심부온도(직장온도)를 60%, 그리고 말초부체온(평균 피부온도)을 40%로 간주하여 산출하였다. 즉 평균 체온 = (0.6 × 직장온도) + (0.4 × 평균 피부온도).

3. 산소소모량의 측정

산소 소모량의 측정은 각피검자를 Double Douglas valve가 연결된 Mouth piece를 통하여 공기를 호흡시키면서 2내지 5분동안의 호기를 Douglas bag에 채취하여 그 용량을 Dry gas meter로 측정한후 분시환기량(\dot{V}_E)을 산출하였으며 동시에 호기의 일부를 주사기내로 채취하여 실험실내에서 Scholander 미량기체분석기(Scholander, 1947)로 분석하여 산소분율농도(F_{EO_2})를 산출하였다. 또 이로부터 분시산소 소모량(\dot{V}_{O_2})은 공식 [$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_E (0.209 - F_{EO_2})$]에 의거 산출한 후 모두 표준 상태(STPD)의 값으로 환산 표시하였다. 이와같은 산소소모량의 측정은 먼저 배위에서 안정시의 것을 측정하고 잠수작업 중에는 면수영복 착용시는 잠수작업개시후부터 5내지 10분 간격으로 해녀들이 해수중에 머무를 수 있을때까지 측정하였고 잠수복 착용시는 잠수작업개시후부터, 5, 20, 40, 60, 80, 100, 그리고 120분대에 각각 측정하였다.

4. 체열교환의 산출

잠수전 및 잠수중에 측정한 평균체온 및 산소소모량의 값을 토대로하여 체열생산량(heat production), 누적과잉 체열생산량(cumulative extra heat production) 체열용량의 변화(Δ heat content), 및 총과잉체열소실량(total extra heat loss)을 다음 공식에 의하여 산출하였다.

- a) Heat production (kcal/min) = $\dot{V}_{O_2} \times 4.83$
- b) Cumulative extra heat production (CEHP, kcal)
 - $CEHP_{t_1} = (H_{pt_1} - H_{p_{t_0}}) \times DT_{t_0 \rightarrow t_1}$
 - $CEHP_{t_2} = [(H_{pt_2} - H_{p_{t_0}}) \times DT_{t_1 \rightarrow t_2}] + CEHP_{t_1}$
 - $CEHP_{t_n} = [(H_{p_{t_n}} - H_{p_{t_0}}) \times DT_{t_2 \rightarrow t_n}] + CEHP_{t_2}$

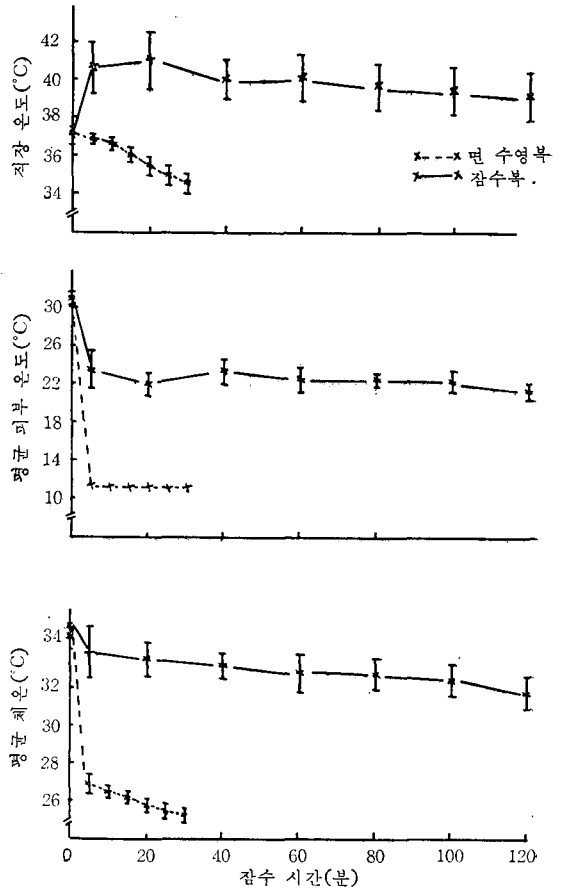
$H_{p_{t_0}}$: 잠수전의 heat production
 H_{pt_1} , H_{pt_2} , $H_{p_{t_n}}$: 잠수작업개시후 t_1 , t_2 , 및 t_n 시간의 heat production
 DT : 잠수작업시간
 $CEHP_{t_1}$, $CEHP_{t_2}$, $CEHP_{t_n}$: 잠수작업 개시후 t_1 , t_2 , 및 t_n 시간의 누적과잉체열 생산량
- c) Δ Heat content (kcal) = $(MBT_R - MBT_E) \times 0.83 \times B.W.$
 - MBT_R : 잠수전의 평균체온
 - MBT_E : 잠수작업 완료시의 평균체온
 - 0.83 : 생체의 비열
 - B.W : 체중
- d) Total extra heat loss (kcal)
 - Total extra heat loss = Δ heat content + $CEHP_{t_n}$

III. 실험성적

A. 체온의 변화양상

1. 직장온도의 변화

면수영복 착용시와 잠수복 착용시에 있어서 잠수전과 잠수작업중에 측정한 직장온도의 평균치와 그 표준오차는 제 1도에 도시한 바와 같다. 잠수전 평균 직장온도는 면수영복 착용시에는 37.13°C, 그리고 잠수복 착용시에는 37.92°C로서 별 차이가 없었다. 그러나 잠수중의 직장온도의 변화는 면수영복 착용시와 잠수복 착용시간에 현저한 차를 보였다. 즉 면수영복 착용시에는 잠수직후 5내지 10분동안은 직장온도가 서서히 하강하다가 이후부터는 급속히 하강하여 30분 내에는 34.48°C 까지 하강하여 대부분의 해녀들이 더 이상 잠수작업을 지속하지 못했다. 반면에 잠수복 착용시에는 잠수직후 직장온도가 약 3°C 상승하여 잠수후 5분내에



제 1도 잠수전 및 잠수작업기간 중 직장온도, 평균 피부온도 및 평균체온의 변화양상

40.66°C, 그리고 20분내에 41°C 까지 되었으며, 40분 이후에서 잠수완료 2시간까지 39°C 내외로 거의 균일한 값을 보였다.

2. 평균 피부온도의 변화

제 1도에 도시한 바와 같이 잠수전의 평균피부 온도는 면수영복 착용시에는 30.37°C, 그리고 잠수복 착용시에는 30.90°C로서 별 차이가 없었으나 잠수작업시의 평균피부온도는 면수영복 착용시는 당시의 해수온과 거의 동일하며 11.26°C이었으나 잠수복 착용시는 21.45°C 정도로 하강하였다.

3. 평균체온의 변화

직장온도와 평균 피부온도를 근거로 산출한 평균체온의 변화양상은 제 1도에 도시한 바와 같다. 면수영복 착용시에는 잠수전에 평균체온이 34.67°C 이었는데

제 2 표 잠수작업시 체열의 교환상황(평균치)

		잠수전	잠수시간(분)											
			5	10	15	20	25	30	35	40	60	80	100	120
면수영복 착용시	산소 소모량(ml/min)	222	532		578	733	674		686					
	체열 생산량(kcal/min)	1.07	2.57		2.79	3.53	3.25		3.31					
	누적과잉체열 생산량(kcal)		7.46		24.50	45.03	44.73		63.27					
	체열용량의 변화량(kcal)								-465					
	총과잉체열소실량(kcal)								528					
잠수복 착용시	산소 소모량(ml/min)	222	485			579			540	529	574	533	548	
	체열 생산량(kcal/min)	1.07	2.34			2.80			2.41	2.55	2.74	2.58	2.65	
	누적과잉체열 생산량(kcal)		6.33			32.19			58.99	88.58	121.86	151.90	183.34	
	체열용량의 변화량(kcal)												-145	
	총과잉체열소실량(kcal)												328	

잠수작업개시후 5분대에 이미 26.75°C로 하강하였고, 잠수작업을 계속하는 동안에는 더 이상 하강하지 않았으며, 작업을 마치는 30분대에는 25.19°C이었다. 그러나 잠수복 착용시는 그 하강도가 극히 낮았다. 즉 잠수전의 평균체온은 35.04°C이었으며, 잠수후 5분대에 33.85°C, 20분대에는 33.45°C 그리고 잠수 작업을 마치는 두시간대에도 31.87°C를 보였다.

B. 산소소모량 및 체열생산량의 변화

면수영복 착용시와 잠수복 착용시에 있어서 산소소모량 및 체열생산량의 성적은 제 2 표에 표시한 바와 같다.

잠수전의 산소 소모량(체열 생산량)은 222 ml/min (1.07 kcal/min)이었는데 잠수직후 급격한 증가를 보이기 시작하여 면수영복 착용시에는 잠수작업 5분대에 532 ml/min (2.57 kcal/min)로 잠수전의 2배($p < 0.01$)로 증가 하였으며, 잠수작업을 마치는 35분대의 값은 686 ml/min (3.31 kcal/min)로 잠수전의 3배($p < 0.01$)로 되었다. 반면 잠수복 착용시는 잠수작업 개시후 5분대에 485 ml/min (2.34 kcal/min)로 잠수전의 2배($p < 0.001$ 로, 20분대에는 579 ml/min (2.80 kcal/min)로 잠수전보다 2.5배($p < 0.01$)로 증가하였으며 이후부터는 더 이상의 증가를 보이지 않아 잠수작업을 마치는 두시간대에는 548 ml/min (2.65 kcal/min)이었다.

C. 누적과잉체열생산량

잠수기간중 누적과잉체열생산량의 변화는 제 2 표에 요약된 바와 같다. 잠수작업 개시후 5분대에 면수영복

착용시가 7.46 kcal, 잠수복 착용시가 6.33 kcal 그리고 잠수작업 20분대에는 면수영복 착용시가 45.03 kcal, 잠수복 착용시가 32.19 kcal로서 면수영복 착용시가 약간 높은 값을 보였으나 통계학적으로 유의있는 차이는 아니었다.

D. 체열용량의 변화

체열용량은 제 2 표에 나타난 바와 같이 잠수복 착용시에는 잠수작업 두시간동안에 145 kcal 밖에 감소하지 않았는데 반하여 면수영복 착용시에는 잠수후 30분에 이미 465 kcal가 감소되어 잠수복 착용시에 비하여 약 3배의 감소율을 보였다.

E. 총과잉체열소실량

총과잉체열소실량 역시 면수영복 착용시에 비해 잠수복 착용시가 현저히 적었다. 제 2 표에 나타난 바와 같이 잠수복 착용시가 잠수작업 두시간 동안에 328 kcal를 소실한데 반하여 면수영복 착용시는 잠수작업 30분에 이미 495 kcal만큼이나 소실하였다.

VI. 고 찰

한국의 해녀들은 과거 수세기를 두고 그들의 생활수단의 하나로 한겹의 얇은 면수영복만을 착용하고 춘추동 지식 잠수작업에 종사하여 왔다(Hong et al., 1963).

그런데 근자에 와서 해녀들은 보온용기구로서 잠수복을 착용하고 잠수작업에 임하거나 또 면수영복을 착

용하더라도 과거와는 달리 두겹내지 세겹을 겹쳐 입고 잠수작업에 종사하게 되었다. 그러므로 한걸의 면수영복만을 착용하고 잠수작업에 종사하던 해녀들의 잠수작업의 실패, 잠수작업기간중의 열대사는 잠수복을 착용하게 되므로서 동일한 해수의 온도에서 작업에 종사한다고 하더라도 이들에게 가해지는 한냉자극의 정도가 달라질 것이므로 잠수작업기간이나 잠수중의 열대사도 다른 형태로 나타날 것으로 사료되는 바이다.

1963년 Kang 등(Kang et al., 1963)이 한걸의 면수영복만을 착용하고 잠수작업에 종사하던 해녀들을 대상으로 측정된 잠수작업의 실패를 보면 잠수작업시간은 하절(평균수온: 27~31°C)에는 하루에 평균 100내지 200분 동안, 춘추(평균수온: 19~20°C)에는 50내지 60분 동안이며 추운동절(평균수온: 10°C)에는 20분 정도로서 잠수작업시간은 해수의 온도에 비례한다고 하였다. 그런데 본 실험의 경우 해수의 온도가 11°C일때 해녀들이 면수영복 착용시는 두겹내지 세겹을 겹쳐 입는다 하여도 잠수작업 시간은 평균하여 30분에 불과하였으나 잠수복 착용시는 적어도 두시간 이상 잠수작업을 계속할 수가 있었다. 해녀들이 면수영복을 착용하고 잠수작업을 할때는 체열생산은 증가되나 수온이 피부온도보다 낮기 때문에 피부를 통해서 다량의 체열이 진도과정을 통하여 소실되므로 체내 심부온도는 수중에 있는동안 계속 하강하게 되며 대체로 직장온도가 35°C까지 하강하면 더 이상 견디지를 못하고 작업을 중단하게 된다. 따라서 Kang 등(Kang et al., 1965)은 해녀들의 작업시간을 결정하는 인자는 직장온도임을 보고한 바 있다.

본 실험에서도 면수영복 착용시는 역시 직장온도가 35°C까지 하강하면 해녀들은 작업을 중단 하였다. 그러나 잠수복 착용시에는 잠수중 직장온도의 변화는 면수영복 착용시에 비하여 판이하게 달랐다. 즉 이때는 잠수작업 개시후 즉시 직장온도가 3°C 정도 상승한후 두시간 동안의 잠수작업 기간중 별로 하강하지 않았다. 따라서 잠수전에 비하여 잠수중의 직장온도는 계속 높은 값을 보여 주었다.

잠수복 착용시 해녀들이 잠수작업을 지속할 수 있을 때까지 수중에 머물게 하는 경우 이들의 직장온도가 35°C 정도까지 하강할 수 있을 것인지는 앞으로 규명하여야 할 과제라고 사료되는 바이다.

잠수복을 착용하고 잠수작업에 종사할때 직장온도가 높게 유지되는 것은 잠수복 자체가 신체말초부의 효율적인 두께 즉 insulation을 증가시켜 열전도도가 감소되어 수중으로의 체열소실이 적어지고 또 혈액의 분포

가 신체말초부에서 신체중심부로 이동되어 간, 심장, 기타 심부조직에서 생성된 체열이 말초에서 소실되지 않고 체내에 축적된 결과라고 사료되는 바이다.

평균 체온은 면수영복 착용시는 잠수작업 30분대에 25.19°C인데 반하여 잠수복 착용시는 잠수작업 두시간대에도 31.87°C로서 훨씬 높게 유지되고 있었다. 그러나 한가지 특기할 점은 방법론에 기술한 바와 같이 평균체온은 심부의 상대적체적(직장온도)을 60%, 그리고 말초부의 상대적체적(평균 피부온도)을 40%로 간주한후 산출하였는데 실제로 이와같은 비율은 신체가 노출되어 있는 환경요인에 따라 다를 것이다. 따라서 insulation이 큰 잠수복을 착용할 때와 insulation이 작은 면수영복을 착용할때 동일한 방법으로 평균체온을 산출할 수 있는지는 의문이다.

잠수작업중 산소소모량 및 체열 생산량은 잠수복 착용시는 잠수전의 약 2.4배로 면수영복 착용시는 잠수전의 약 3배로 면수영복 착용시가 더욱 현저히 증가하였다. 면수영복 착용시 체열소실이 잠수복 착용시보다 크므로 체온을 유지하기 위한 한 방법으로 열생산을 증가시킨 결과라고 사료되는 바이다.

잠수작업기간 중 총과잉체열소실량은 면수영복 착용시는 잠수작업 30분 동안에 528 kcal이었는데 이는 Kang 등(Kang et al., 1965)의 측정치 577 kcal와 유사하였다. 그러나 잠수복 착용시는 잠수작업 두시간동안에 328 kcal밖에 소실되지 않았는데 이는 잠수복이 체표에서 수중으로 체열소실을 방지하여준 결과라고 사료된다. 이상의 성적들로 미루어볼때 잠수복 착용은 잠수작업시 체열소실을 감소시켜 주고 또 신체중심부의 온도를 높게 유지해주므로서 잠수작업기간을 연장시켜줄 수 있을 것으로 사료되는 바이다.

과거 본 교실에서 해녀들을 대상으로 다음과 같은 특수한 한냉적응 현상이 있음을 보고 하였다. 즉 동절에 기초신진대사율의 증가(metabolic adaptation) (Kang et al., 1963) 해녀에서 최대 조직 절연도가 비해녀에 비하여 높은점 (insulative-hypothermic adaptation) (Rennie et al., 1962) 그리고 동절에 6°C의 수조에 수부를 침수시켰을 때 중지의 혈류량 및 피부온도가 비해녀보다 낮은점(vascular adaptation) (Paik et al., 1972)등이다. 그런데 해녀들이 잠수복을 착용하고 잠수작업을 계속 하게되면 앞으로 이러한 한냉적응 현상이 어떤 형태로 나타나게 될 것인지는 흥미있는 문제점이다.

IV. 결 론

1976년 1월 부산영도에 거주하는 해녀 5명을 대상으로

로하여 면수영복 착용시와 잠수복 착용시에 있어서 잠수작업시간, 잠수시 직장온도, 피부온도 및 산소 소모량을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 잠수작업시간은 면수영복 착용시가 평균 30분이었고 잠수복 착용시는 두시간 이상이였다.

2. 잠수작업시 직장온도는 면수영복 착용시는 계속 하강하였으며 작업완료시 직장온도는 35°C이었으나 잠수복 착용시는 잠수직후 3°C정도 상승하였고 잠수작업 두시간 동안 직장온도는 39°C 내외를 유지하고 있었다.

3. 잠수작업시 평균피부온도는 면수영복 착용시에는 해수온과 거의 동일하였으며 잠수복 착용시에는 21°C 내외이었다. 평균체온은 면수영복 착용시에는 25°C 내외이었고 잠수복 착용시에는 32°C 내외이었다.

4. 잠수작업시 산소 소모량 및 체열 생산량은 잠수전에 비하여 면수복 착용시에는 약 3배로 잠수복 착용시에는 약 2배로 상승하였다.

5. 잠수작업시 총과잉체열소실량은 잠수복 착용시에는 328 kcal 인데 반하여 면수영복 착용시에는 528 kcal 이었다.

이상의 성적들로 미루어 잠수복 착용은 체열소실을 감소시켜 주고 또 신체중심부의 온도를 높게 유지해 주므로써 잠수작업 시간을 연장시켜 주는 것으로 사료 되는 바이다.

REFERENCES

- 1) Hong, S.K., H. Rahn, D.H. Kang, S.H. Song and B.S. Kang.: *Diving pattern, lung volumes and alveolar gas of the Korean diving women. J. Appl. Physiol.* 18:457, 1963.
- 2) Hong, S.K., B.S. Kang, S.H. Song, P.K. Kim, B.G. Covino, and D.W. Rennie.: *Adaptation to cold in the diving women of Korea-Ama. In: Korean Sea Women: A study of their physiology by H. Rahn, S.K. Hong and D.W. Rennie. Buffalo, N.Y: University of Buffalo, 1964, p. 37-44.*
- 3) Hong, S.K.: *Comparison of diving and non-diving women of Korea. Fed. Proc.* 22:831, 1963.
- 4) Kang, B.S., S.H. Song, C.S. Suh and S.K. Hong.: *Changes in body temperature and basal metabolic rate of the ama. J. Appl. Physiol.* 18:483, 1963.
- 5) Kang, D.H., P.K. Kim, B.S. Kang, S.H. Song, and S.K. Hong.: *Energy metabolism and body temperature of the ama. J. Appl. Physiol.* 20:46, 1965.
- 6) Paik, K.S., B.S. Kang, D.S. Han, D.W. Rennie and S.K. Hong.: *Vascular responses of Korean ama. to hand immersion in cold water. J. Appl. Physiol.* 32:446, 1972.
- 7) Rennie, D.W., B.G. Covino, B.J. Howell, S.H. Song, B.S. Kang and S.K. Hong.: *Physical insulation of Korean diving women. J. Appl. Physiol.* 17:961, 1962.
- 8) Scholander, P.F.: *Analyzer for accurate estimation of respiratory gases in one-half cubic centimeter samples. J. Biol. Chem.* 187:235, 1947.
- 9) Song, S.H., D.H. Kang, B.S. Kang and S.K. Hong.: *Lung volumes and ventilatory responses to high CO₂ and low O₂ in the ama. J. Appl. Physiol.* 18:466, 1963.