함정 기관실내 활동의 순환 및 호흡 기능에 대한 영향

서울대학교 의과대학 생리학교실

玄 光 喆·南 基 鏞

=Abstract=

Changes in Circulatory and Respiratory Activities Observed on Men in an Engine Room of a Navy Ship

Kwang Chul Hyun and **Kee Yong Nam**

Department of Physiology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Circulatory and respiratory activities were observed in men exposed to the environment of engine room of a cruising Republic of Korea Navy ship and compared to the control values obtained in an ordinary laboratory room on land. The environment of an engine room of cruising navy ship was presumed to be a multiple stress acting on men. The environment of the engine room included high temperature (35—42°C), low relative humidity (20—38% saturation), vibration (about 7 cycles per second), rolling and pitching of ship and noises.

Sixteen men were divided into two groups consisted of each 8 subjects. Subjects of sea duty group had experience of continuous on board duty averaging 3.5 years. Men of land duty group had no experience of on board activity.

On land observations were made on one day prior to the boarding and leaving the port and four days after landing. In between observations in the engine room were made on the first, 5 th, 9 th, 12 th, and 14 th day of on board activity. The whole experimental period lasted for 20 days. Measurements on circulatory and respiratory parameters were at standing resting state (after 30 minutes standing in the case of on land study and 15 minutes in engine room study) and within one minute after cessation of on the spot running of which rhythm was 30/min. and lasted for 5 minutes. Oxygen consumption and pulmonary function test were done in the period of two minutes from the 3rd to 5th minutes of running. The following results were obtained.

1. Body temperature showed no change regardless of group difference or on land or on board measurements.

2. Pulse rate increased markedly after boarding the ship in both groups. Pulse rate increased from the first day on board at rest and after exercise as compared to the on land control value. This increase in pulse rate was more marked after exercise. Sea duty group showed less increase in pulse rate at rest than the land duty group. Standing and resting pulse rate of sea duty group on land was 81 and increased to 87 at the 5th day on board and remained smaller than the land duty group throughout the period on board. Control standing and resting pulse rate of land duty group on land was 76 and reached 89 at the 9th day on board and thereafter decreased a little. Pulse rate of land duty group at rest on board remained greater than that of sea duty group throughout the period on board.

3. Systolic blood pressure of sea duty group increased after boarding the ship and remained higher than the control value on land. In the land duty group, however, systolic blood pressure decreased during the period on board the ship. Diastolic blood pressure decreased in both groups.

4. Resting breathing rate of land duty group increased and remained higher than the control value on land. In sea duty group, however, resting breathing rate showed a transient increase on the 1st day on board and decreased thereafter to the control value on land and kept the same level throughout the period of cruise. Absolute value of breathing rate in the sea duty group was greater than the land duty group both at rest and after exercise.

5. There was a lowering of breathing efficiency in both groups. Thus, increases in tidal volume and minute ventilation volume and decreases in maximum breathing capacity, vital capacity, capacity ratio and air velocity index were observed after boarding the ship. An increase in ventilation equivalent was also observed in both groups. The lowering of breathing efficiency was more marked in the land duty group than the sea duty group.

6. Energy expediture increased in both groups during their stay on the ship and was more marked in the sea duty group.

7. Lactate concentration in venous blood at rest and after exercise increased after boarding the ship and no group difference was observed.

서 론

개체의 환경이 달라지면 여기에 반응하여 생리적 현상에 변동이 나타남은 잘 알려진 사실이다. 이러한 생체의 순응작용 연구는 대부분이 하나 또는 두개의 조건 아래에서 관찰된 것이고 여러가지 조건 아래에서의 연구는 드물다.

해상 함정의 기관실 안의 환경은 여러가지가 함께 혼합되어서 일어나는 복잡한 것이다. 즉 온도가 대체로 35~50°C의 고온이며 비습이 20~25%의 건조한 공기와 매초 7싸이클 가량의 불규칙적인 기관과 발전기 등의 진동이 있으며 각종 높이의 소음, 환기장치와의 거리에 따라서 변화하는 바람 속도의 급격한 변화, 바다의 파도 여하에 따라서 일어나는 끊임없는 좌우동요(rolling)와 전후동요(pitching)등이 혼합되어서 인체에 작용한다. 여기에 덧붙여서 승무원이 배에 익숙한 정도에 따라 차이는 있으나 정신적 긴장감 내지 불안감 등이 있다.

개체가 이러한 복합 스트레스(multiple stress)에 부딪치면 개체의 반응능력과 적응력이 저하되며(Duffner et al., 1962, 玄光喆 및 崔重植, 1964) 이밖에도 고온, 건조, 진동, 소음 등에 장기간 폭로됨으로써 발생하는 직업병에 여러가지가 있음은 널리 알려진 일이며 한국인에 관한 광범위한 조사가 보고된 바이다(Cho, 1965). 해상 함정 승무원의 생리 현상에 관한 연구로는 李麟奎 등(1961)이 기초 대사량을 측정하였고, 李世衍등(1965)은 함상군과 육상군의 기초 및 작업 대사량을 비교 검토하였으며 玄光喆(1965) 등은 함상군과 육상군의 순환기능, 폐 기능, 혈장 전해질 등의 변동을 관찰하였다.

이 논문은 함정 환경에 익숙한 해상 근무자와 함상 근무의 경험이 없는 사람들을 다같이 함정에 승선케 하여 함정 환경이 이들의 생리 현상에 미치는 영향과 여기에 대응하는 순응 능력을 비교 관찰하여 보고하는 것이다.

실험 대상 및 방법

1. 실험 대상 : 대상자는 모두 한국 해군 남자 장병16명이었다. 이 가운데 8명은 해상 근무 경력이 없는 장병으로 이들을 육상군으로 하고 여기에 대하여 3.5년동안 해상 근무 경력이 있으며 실험 당시에도 같은 배에 10개월 이상 계속 근무한 8명을 해상군으로 하였다. 또한 해상군의 근무 장소는 기관실이 아닌 장병만을 선택하였다. 모든 대상자는 흉부 X-선 검사, 뇨 검사, 변 검사를 포함한 이화학적 신체 검사로써 이상이 없다고 인정된 건강한 성인 남자들이었다. 육상군의 연령은 평균 22.4세, 신장 172 cm, 체중 65.3 kg이었고 해상군은 연령이 24.7세, 신장 170 cm, 체중 64.7 kg이었다.

2. 실험 방법 : 실험의 줄거리는 배가 항구를 떠나기 전날 육상에서 대조 측정을 하고 배가 항구를 떠나 서해에 있는 동안에 다섯번 즉 제 1 일(출발 후 24시간 경과), 제 5, 제 9, 제 12, 제 14 일에 대조 관찰과 같은 측정을 반복하였으며 제15일에 항구에 돌아왔다.

이들은 같은날 상륙하였으며 상륙 제 4 일에 육상 측정을 하였다. 이리하여 같은 대상자에 있어서 전후 20일 동안에 합계 일곱번의 측정을 하였다.

육상 측정은 온도가 18~22°C 이며 비습이 62~78% 인 실내에서 선 자세로 안정상태를 30분 경과한 후에 여러 측정을 하였으며 함정 안에서의 측정은 기관실 안에서 15분 선 자세로 안정상태를 유지한 후에 하였다. 기관실 안에는 기관의 움직이는 소리가 요란하였으며(소리의 세기 측정은 하지 못하였다). 환기통으로 부터는 떨어져서 들어오는 바깥공기가 직접 닿지 않도록 하였다. 육상실내 및 함정 기관실내 온도와 비습은 제 1 표와 같았다. 실험은 조반을 마친 2시간 후인 오전 10시에서 12시 사이에 하였다. 해상 실험은 1964년 3월중에 서해상에서 하였는데 그때의 해상 환경은 대체로 평온하였다. 측정한 생리적 지수들은 체온, 혈압, 맥박수 대사량, 혈액내 젖산 농도, 폐기능 등이었는데 선 자세에서 이것들을 측정하고 다음에 2초에 한번 뛰는 제자리 다름박질의 제 3분 부터 제 5분 까지의 2분 동안에 대사량과 폐기능을 측정하고 제 5분에 운동을 멈추고 1분 이내에 혈압, 체온, 맥박수, 혈액내 젖산 농도를 측정하였다.

각 생리 지수의 측정방법은 다음과 같았다. 체온, 맥박수, 혈압 및 체온은 임상용 체온기로 구강내 온도를 측정하였으며 맥박수는 선 자세의 값이며 동맥 혈압은 Aneroid 혈압계로 측정하였다.

폐 기능은 개방 회로법으로 호흡공기를 채집하였다. 더글래스 주머니(Douglas bag)와 입에 물은 일방전(one way valve)을 통하여 호기가 더글래스 주머니에 들어가도록 하였다. 선 자세의 안정상태에서는 5분 동안 공기를 채집하였고 제자리 다름박질의 경우에는 제3~제5분 사이 2분 동안 호기를 채집하였다. 가스용적은 Collins 제 vitalometer 로 측정하여 BTPS 로 표시하였다. 폐활량과 최대 환기량도 같은 vitalometer 로 측정하였으며 1분값을 BTPS 로 표시하고 Baldwin 등(1948)의 추정 정상치에 대한 백분률로 표시하였다. Capacity ratio(C.R)는 Matheson 등 (1950)의 식에 의하여 산출하였으며 기속계수(air velocity index, A.V.I.)는 폐활량과 최대 환기량의 추정 정상치를 Baldwin 등(1948)의 식으로 계산하여 실측치에 대한 백분률을 구하여 이것을 Gaensler(1950)의 식에 대입하여 계산하였다.

환기 당량, 작업 대사량 및 호흡 공기의 산소 함량은 Micro-Scholander 법(Scholander, 1947)으로 측정하였다

작업 대사량은 산소 섭취량을 STPD 로 교정한 것에 4.83 kcal/l oxygen 을 승하여(Harper, 1961) 구하였는데 여기에 쓰인 호흡 공기 표본은 안정시는 5분동안, 운동할 때에는 2분동안 더글래스 주머니에 채집한 것이었다. 작업 대사량 표시는 체표면적으로 기준화한 매시간당 값으로 하였으며 호흡 교환 비율(R)은 실측치와 관계없이 0.82라 간주하였다.

혈액내 젖산 농도는 앞서 기술한 같은 정맥혈을 Baker 와 Summerson (1941)의 방법으로 측정하였다.

실험 성적

1. 체온, 맥박수, 호흡수 및 동맥 혈압

두 실험군에 있어서 육상의 대조 측정, 해상 함정 위에서의 측정 및 상륙후 제 4일에 측정한 체온, 맥박수,

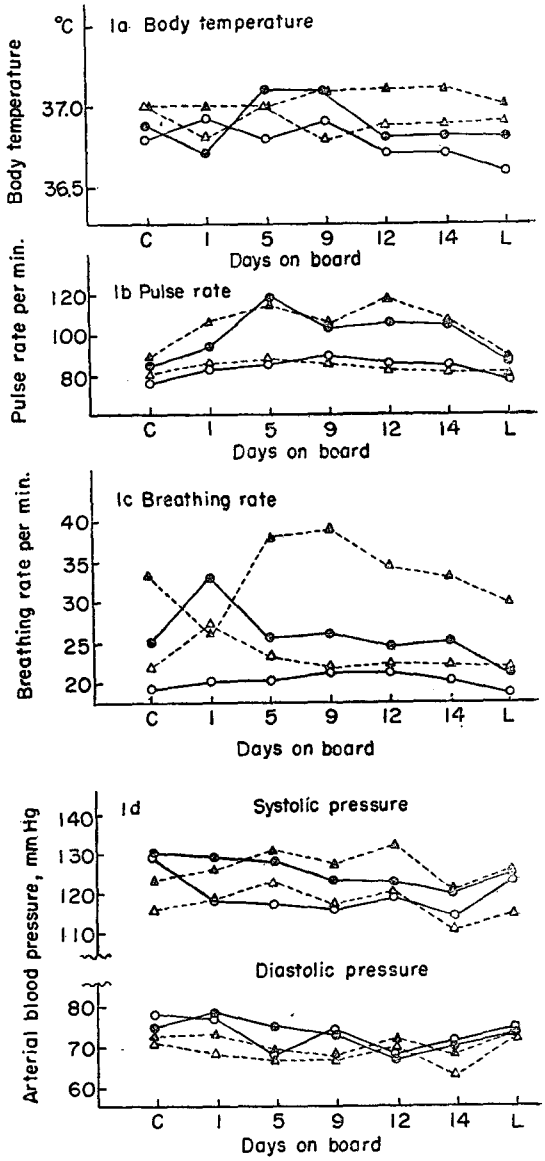

Fig. 1. Body temperature (a), pulse rate (b), breathing rate (c) and arterial blood pressure (d) in resting and after exercise in the ground duty and sea duty group on land and on board. C: one day before boarding the ship, L: 5 days after landing.
○: ground duty group in rest, ●: ground duty group after exercise, △: sea duty group in rest, and ▲: sea duty group after exercise.

호흡수 및 동맥 혈압의 값들을 안정시와 신체 운동 후의 경우로 나누어서 제2표 및 제1도에 제시한 바와 같이 함정 승선 전후에 변동을 보이었다.

체온：제2표와 제1도a에 보는 것 같이 육상군이나 해상군이나 다같이 함정에 승선한다든가 운동을 5분동안 하였다 하는 일들로는 체온에 유의한 변화가 나타나

Table 1. Temperature and relative humidity in the room on land and engine room of a navy ship

	On land	On board					On land
Experimental period (days)	0	2	6	10	13	15	20
Days on board	−1	1	5	9	12	14	+5
Temperature (°C)	18—22	35—39	39—42	35—41	35—42	33—39	18
Humidity (%)	62—78	26—38	20—27	20—29	21—33	26—30	51

Table 2. Body temperature, pulse rate, breathing rate, arterial blood pressure in resting and after exercise in the ground duty and sea duty group on land and on board

Ground duty group, N=8

	One day before boarding the ship		Days on board										Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.
Resting														
Body temperature (°C)	36.8	0.1	36.9	0.3	36.8	0.1	36.9	0.0	36.7	0.0	36.7	0.1	36.6	0.1
Pulse rate(per min)	76	3.8	84	2.0	85	2.7	89	3.2	86	1.3	85	2.0	78	2.3
Breathing rate (per min)	19	1.5	20	2.2	20	2.3	21	2.2	21	2	20	2.0	18	1.9
Blood pressure (mmHg)	129/78	3.0/3.7	119/78	3.5/4.7	118/68	3.2/2.4	116/74	2.6/2.1	120/68	3/2.3	114/71	3.2/3.1	124/74	2.8/3.1
Exercise														
Body temperature (°C)	36.9	0.1	36.7	0.2	37.1	0.2	37.1	0.0	36.8	0.1	36.8	0.1	36.8	0.2
Pulse rate(per min)	84	6.0	93	4.2	118	3.3	104	6.1	105	3	104	2.6	85	7.0
Breathing rate (per min)	25	3.3	33	4.0	25	3.9	26	4.7	24	3	25	3.7	21	1.4
Blood pressure (mmHg)	130/75	3.3/4.3	129/78	3.3/3.1	128/75	4.4/3.6	123/74	2.6/5.3	123/74	4.1/3.6	120/77	4/3.6	124/74	2.7/3

Sea duty group, N=8

	One day before boarding the ship		Days on board										Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.
Resting														
Body temperature (°C)	37	0.2	36.8	0.1	37	0.3	36.8	0.1	36.6	0.2	36.9	0.1	36.9	0.01
Pulse rate(per min)	81	1.4	85	1.1	87	2.7	87	4.5	84	3.0	83	3	80	1.0
Breathing rate (per min)	22	2.0	27	3.4	23	2.1	21	5.0	22	1.6	22	1.7	21	1.5
Blood pressure (mmHg)	116/72	3.5/3.2	118/68	3.7/3.5	123/67	3.1/2.6	117/68	5.0/2.9	120/70	3/1.8	111/63	3.8/2.3	116/73	3.3/2.4

	Exercise													
Body temperature (°C)	37	0.3	37	0.1	37	0.3	37.1	0.2	37.1	0.01	37.1	0.1	37	0.1
Pulse rate(per min)	89	4.5	106	2.7	115	3.2	106	4.9	119	2.1	104	0.3	89	3.2
Breathing rate (per min)	33	4.8	26	11.5	38	8.0	39	9.0	34	7.1	33	5.1	30	2.1
Blood pressure (mm Hg)	124/73	5.9/3.6	126/73	4.1/1.8	131/69	3.0/5.6	127/68	4.7/2.6	132/73	3.6/2.1	120/69	3.2/1.8	125/73	1.7/1.8

지 않았다. 즉 합정의 기관실이란 환경(제 1 표)에 15분 동안 머물러 있는 것으로는 체온의 상승이 나타나지 않았으며 또한 5분 동안이라는 신체운동으로도 체온의 유의한 차이는 일어나지 않았다.

맥박수 : 맥박수는 제 2 표와 제 1 도 b에 보는 것 같이 두 실험군사이 및 합정 승선 전후에 현저한 변동이 있었다.

해상군의 육상 안정시(선 자세로 30분 유지한 상태) 맥박수는 평균 매분 81로서 육상군의 76에 비하여 증가되어 있음이 눈에 띈다. 이와 같은 일은 5분 동안의 신체운동을 한 후에도 보이며 육상군의 승선 전일 육상에서 측정한 값이 매분 84 인데 비하여 해상군은 매분 89 이었다.

합정에 승선하고 기관실 안에서 높은 온도와 낮은 습도라는 환경에서 측정한 맥박수는 육상의 보통 실내 값에 비하여 두 실험군 모두 증가를 보이었다. 또한 선 자세를 15분 동안 유지한 후에 측정한 안정상태 값은 두 실험군 사이에 다른 태도가 보였다. 즉 배를 타고 제 5 일까지는 해상군의 맥박수가 육상군 보다 많았지만 해상군은 제 5 일부터는 증가하지 않고 제 9 일까지 같은 값을 유지하다가 제 9 일 이후에는 감소가 나타나서 제 14 일에는 육상 대조값에 가까운 매분 83 을 보이었다. 이와는 달리 육상군은 승선 제 9 일까지 계속 증가하여 매분 89 에 도달하였다가 그후에 비로소 감소하여 제 14 일에 84에 이르렀다. 즉 제 1 도 b 에서 보면 안정시 곡선이 승선 제 5 일과 제 9 일사이에 교차를 나타냈고 합정상에서는 그냥 같은 경향이 유지되었다.

해상군 대상자는 모두 기관실 이외에 근무하는 사람들이었는데 기관실 환경에 노출되어 일으키는 심장 박동수 반응이 합정 승선의 경험이 없는 육상군보다 적었다고 볼 수 있겠다. 즉 승선 제 1 일에 나타난 맥박수의 증가는 육상군이 대조값 76으로부터 84 즉 10.5%의 증가이었는데 비하여 해상군은 대조값 81에서 85 즉 5%의 증가 밖에 없었다. 합정 승선 후에 보인 맥박수의 최고는 육상군이 제 9 일 매분 89로서 대조값에 대하여 17.2%의 증가인데 해상군에서는 제 5 일과 제 9 일의 87로서 대조값에 대하여 7.4%에 지나지 않았다. 상륙후에 맥박수가 본래의 대조값으로 회복되는 태도도 해상군이 빨랐다. 즉 상륙후 제 4 일에 해상군은 매분 80으로서 대조값보다 오히려 적은 것이었으나 육상군은 아직도 78 로서 대조값의 매분 76 보다 증가된 상태이었다.

운동후의 맥박수 변동은 안정시와 조금 다른 것이었다. 해상군이 육상군보다 일반적으로 큰 값을 보인 것은 안정시와 같았으며 다만 안정시에 보인 것 같이 승선 날자가 오래됨에 따르는 감소를 해상군에서 볼 수가 없었고 오히려 육상군에서 이러한 태도가 있었다. 즉 육상군은 승선 제 5 일에 최고값인 매분 118(육상 대조값에 비하여 40.4% 증가)를 나타내고는 그후는 감소하여 104 또는 105의 값을 보이었다. 해상군은 제 5 일에 115 (육상 대조값에 비하여 29.3%의 증가) 제 12 일에 119 (대조값에 대하여 33.7%의 증가)로서 큰 값을 보이었다. 상륙 후 제 4 일에는 두 실험군 사이에 차이가 없이 모두 대조값으로 회복되었다.

호흡수 : 호흡수 변동을 제 2 표와 제 1 도 c에 제시한다. 안정시나 운동후에 모두 해상군이 육상군보다 많은 값을 보인 일은 맥박수와 같은 태도이었으며, 승선 후에는 대조값에 비하여 증가하는 경향이 있었다. 다만 승선 제 1 일과 해상군 운동후의 태도는 특이하였다. 육상 대조값은 육상군 안정시에 매분 19, 운동후에 25이었으며, 해상군 안정시에 22, 운동 후에 33이었다. 승선 제 1 일의 변동은 안정시에 육상군이 20으로 별반 변화가 없었는데 해상군은 27로서 대조값보다 훨씬 증가된 값이었다. 운동 후의 태도는 해상군이 육상 대조값의 33 보다 훨씬 감소한 26인 일은 특이하였다. 해상군 운동후의 태도는 제 5, 제 9 일에 매분 38 및 39로 몹시 증가하였고 그후는 감소의 경향을 보였다. 육상군의 운동후 호흡수는 승선 제 1 일에 매분 33으로 증가하나 제 5 일부터는 감소하여 육상 대조값과 같은 크기를 계속유지하였다.

동맥 혈압 : 최대 및 최저 혈압 변동을 제 2 표와 제 1 도 d에 제시한다. 승선 전일 안정시 값은 최고 및 최저 혈압 다같이 육상군 쪽이 높은 값을 보이었는데 신체운동후에 최고 혈압은 두 실험군 모두 증가를 보이었다.

최저 혈압은 육상군에서 도리어 감소를 보이었다. 승선 후 기관실 안에서 측정한 값은 육상군의 최고 혈압이 제 1 일에 119 mmHg 로 감소하여 육상 대조값인 129

mmHg에 비하면 상당한 감소를 보이었다. 그후는 제 9 일에 이르기까지 같은 수준에 있었으며 상륙 후에는 다시 124 mmHg가 되었다. 해상군의 최고 혈압은 육상 대조가 116 mmHg로 육상군보다 낮았는데 승선 후는 제 5 일까지 계속 증가하여 123 mmHg에 이르렀다가 증감의 기복이 있은 후 제15일에 다시 111 mmHg로 감소하였다가 상륙 후에 116 mmHg로 회복하였다. 즉 최고 혈압은 육상군에서는 승선하고 있는 동안에는 육상 대조값보다 낮은 값이 유지되었고 해상군에서는 대체로 대조값 보다 높은 값이 유지되었다. 심장 박동수는 승선 후 두 실험군에 있어서 모두 증가한 사실과는 상이한 일이다. 신체 운동 후의 최고 혈압 변동도 모두 실험군에서 차이가 나타났다. 즉 육상군의 운동 후 최고 혈압이 승선 기간에는 대조값보다 낮은 값이었는데 비하여 해상군에 있어서는 승선 기간에는 모두 대조값보다 높은 값이었다. 최고 혈압은 이리하여 안정시에나 운동후에나 육상군이 기관실 환경에 노출되면 감소되었으나 해상군에서는 증가하였다.

최저 혈압의 태도는 안정시에는 두 실험군에 있어서 승선 기간에는 모두 감소를 보이었고 운동 후에는 해상군은 감소를 보이었으나 육상군은 승선 제 1 일에 일단 증가하였다가 그후에 제12일에 이르기까지 다시 감소하여서 대조값으로 되었다.

2. 폐 기능

폐 기능이 함정 기관실 환경에서 변화하는 모양을 제 3 표와 제 2 도에 보인다.

일호흡용적 : 일호흡용적의 성적을 제 3 표와 제 2 도 a에 보인다. 안정시에는 육상군이 승선 제 1 일에 796 ml의 값을 보이어서 육상 대조값의 649 ml에 비하여 현저하게 증가되었고 그후에는 700 ml 이상을 유지하다가 승선 제14일에는 674 ml로서 거의 대조에 접근하였다. 기관실내의 덥고 건조한 환경이 호흡운동을 자극하여 깊은 흡식을 하게 하였다고 하겠다. 이밖에 배의 동요와 기계들의 진동도 호흡을 깊게하는 요인의 하나가 되었을지도 모르겠다. 해상군에 있어서는 안정시 일호흡용적은 육상 대조값이 609 ml이었는데 승선 제 1 일에 594 ml로 거의 같은 수준에 있었으나 제 5 일부터는 697 ml로 증가를 보이었고 다음에도 증가하여 제 9 일에는 749 ml에 도달한 후 제12일에 660 ml, 제14일에 770 ml 등의 동요가 있었으나 모두 대조값에 비하여 큰 것이었다. 안정시의 일호흡용적의 기관실 환경에 대한 반응은 두 실험군에서 큰 차이를 볼 수 없다고 하겠다.

운동하였을 경우의 일호흡용적의 태도는 두 실험군 사이에 차이가 있었다. 즉 육상군에 있어서 승선 후 제 5 일까지에는 급격한 증가를 보이었다. 육상군의 육상 대조값이 1,231 ml이었는데 승선 제 1 일에 1,410 ml, 제 5 일에 1,758 ml로 최고를 나타냈으며 그후 제 9, 제12일은 1,600 ml 가량이었고 제14일에 1,406 ml로 감소하였다. 상륙 후의 육상값이 1,606 ml로서 승선전의 대조값에 비하여 증가된 수준에 있었다.

해상군의 신체 운동 때의 일호흡용적은 육상 대조값이 1,414 ml로 육상군보다 큰 것이었는데 승선 제 1 일, 제 5 일까지에 별반 증가가 없었으나 그후 제 9 일부터 계속하여 상륙 후 제 4 일까지 1,500 ml 대에 머물러 있었다. 신체 운동으로 일호흡용적이 증가하며 승선 후에는 두 실험군에 있어서 다같이 육상 대조값보다 높은 값이 유지되었는데 이 상태가 상륙 제 4 일까지에도 그냥 남아 있었다.

매분환기량 : 함정 기관실 환경에 노출된 경우의 매분환기량 변동을 제 3 표와 제 2 도 b에 제시한다. 매분환기량은 일호흡용적과 호흡수가 결정하는 것인 바 안정시 육상 대조값은 육상군에서 7.0, 해상군에서 7.7 l/min/m^2이었다. 함정의 기관실 환경에 노출되면 두 실험군에서 다 같이 증가하였으나 10 l/min/m^2를 초과하지 않았다.

운동시의 매분환기량 변동은 해상군이 육상군에 비하여 컸고 또한 육상 대조값과 함정 승선 후의 값과의 사이에 별반 차이가 없었다. 육상군은 함정 환경에 노출되면 일호흡용적이 승선 제 1 일에 급격히 상승하여 26.1 l/min/m^2에 이르렀고 그후 서서히 하강하여 승선 제14일에는 18.9로 되어서 육상 대조값 17.2 l/min/m^2에 접근하였다. 운동시의 일호흡용적이 해상군이 육상군에 비하여 어느날에나 높은 값을 보이었는데 이것은 해상군의 호흡수 증가가 육상군보다 큰 까닭이었다.

폐활량 : 육상 및 해상 함정 상에서 관찰한 폐활량 변동을 제 3 표 및 제 2 도 c에 제시한다. 육상군이 해상군에 비하여 어느 환경에서나 큰 값이었다. 육상 대조값이 육상군에 있어서 추정 정상치에 대한 백분률이 110%이었으며, 해상군이 103%이었다. 함정 승선 후 기관실 환경에 노출되면 승선 제 1 일에 두 실험군 모두 감소하나 제 5 일에 일단 증가하여 육상군이 112%, 해상군이 105%로 되었다가 다시 감소하여 제14일에는 육상군이 107%로, 해상군이 103%로 되었다. 또한 육상군의 함정 기관실 환경에 대한 변동이 해상군보다 조금 큰 경향을 보이었다.

최대 호흡용량 : 육상 및 해상 환경 아래에서 관찰한 최대 호흡용량의 변동을 제 3 표 및 제 2 도 d에 제시한다. 추정 정상치에 대한 백분률로 표시한 육상 대조값이 육상군이 126%로서 해상군의 132%보다 작았다. 함정에 승선하고 기관실 안에서 관찰하면 두 실험군에서

Table 3.　　Pulmonary function　　Grund duty group, N=8

	One day before boarding the ship		Days on board										Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.
Resting														
Tidal volume (ml)	649	48.4	796	92.5	702	82.4	709	54.4	712	40.7	674	50.2	603	33.1
Ventilation volume (l/min/m²)	7.0	0.5	8.8	0.4	7.8	0.5	8.4	0.4	8.7	0.6	8.0	1.0	6.6	0.6
Vital capacity(%)	110	3.2	108	5.1	112	3.2	108	3.6	106	2.7	107	2.7	110	2.7
Max breathing capacity (%)	126	6.8	110	7.5	117	4.1	119	4.9	119	6.4	117	4	122	3.3
Ventilation eguivalent	2.76	0.08	3.21	0.17	2.91	0.27	3.05	0.12	3.24	0.2	3.08	0.3	2.70	0.1
Capacity ratio	34.4	1.8	34.8	2.4	31.6	1.6	33.3	1.4	34.3	2.1	33.4	1.5	34	2.1
Air velocity index	1.15	0.06	1.14	0.12	1.06	0.05	1.10	0.13	1.13	0.07	1.11	0.06	1.13	2.4
Exercise														
Ventilation volume (l/min/m²)	17.2	1.0	26.1	1.6	21.9	1.05	21.8	1.4	22.2	1.4	18.9	1	18.6	1.2
Ventilation eguivalent	2.17	0.13	2.51	0.14	2.27	0.14	2.49	0.05	2.28	0.14	2.24	0.14	2.0	0.06

Sea duty group, N=8

	One day before boarding the ship		Days on board										Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.		
Resting														
Tidal volume (ml)	609	50.9	594	69.1	697	93	749	142	660	82.3	770	109	630	52.6
Ventilation volume (l/min/m²)	7.7	0.6	8.0	1.3	7.8	1.2	8.9	1.4	8.3	0.8	9.5	1.4	7.4	0.4
Vital capacity(%)	103	3.7	102	3.8	105	3.6	104	4.3	106	4.6	103	3.6	103	3.3
Max breathing capacity (%)	132	7.8	120	6.2	111	7.1	118	6	124	7.1	119	8	131	6.7
Ventilation eguivalent	2.62	0.13	3.33	0.12	2.85	0.16	3.07	0.24	3.09	0.2	3.14	0.01	2.77	0.07
Capacity ratio	37.9	1.9	33.3	1.7	31.7	1.6	33.9	1.8	35.1	2.1	34.4	2.4	38.0	1.6
Air. velocity index	1.30	1.09	1.29	0.17	1.06	0.07	1.16	0.07	1.20	0.08	1.18	0.09	1.30	0.12
Exercise														
Ventilation volume (l/min/m²)	25.2	1.4	24.9	0.9	25.5	1.6	27.4	1.4	26.6	1.5	26.3	0.9	25.8	2.0
Ventilation eguivalent	2.44	0.03	2.32	0.06	2.23	0.08	2.23	0.03	2.34	0.06	2.39	0.02	2.27	0.9

모두 육상 대조값에 비하여 감소하여 상륙할 때까지 낮은 수준에 있었다. 즉 승선 제 1 일에 육상군이 110%로 감소하였다가 제 5 일에 117%로 된 후는 같은 수준을 유지하여 상륙에 이르렀다. 해상군은 승선 제 1 일에 120%로 감소하고 제 5 일에는 111%로 최저치를 보이었으며 그후 다시 증가하여 제12일에 124%로 증가하고

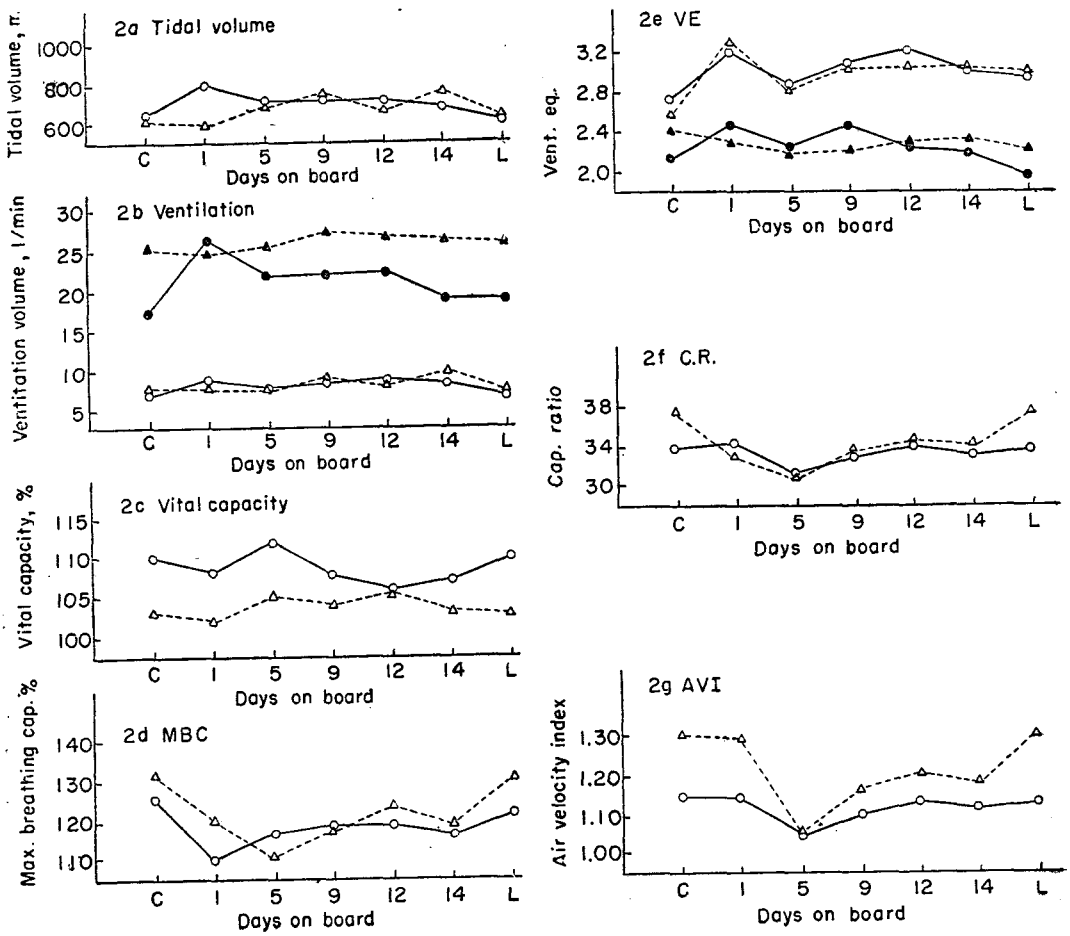

Fig. 2. Pulmonary function. Tidal volume (a), ventilation volume (b), vital capacity (c), maximum breathing capacity (d), ventilation equivalent (e), capacity ratio (f) and air velocity index (g). Legends are the same as in Fig. 1.

상륙 제 4 일에는 대조값과 같은 131%로 회복되었다.

환기 당량 : 환기당량 변동을 제 3 표 및 제 2 도 e에 제시한다. 육상 대조값은 안정시 값이 운동시 값보다 컸었는데 같은 경향은 함정의 기관실 환경에서도 유지되었다. 즉 육상군 안정시에 2.76 *l*, 운동시에 2.17 *l* 이었고 해상군은 안정시 2.62 *l*, 운동시에 2.44 *l* 이었다. 승선 후에 기관실 환경에서 측정한 값은 안정시에는 대조값보다 훨씬 증가한 것이어서 특히 승선 제 1 일에는 육상군이 3.21, 해상군이 3.33 *l* 에 이르렀다. 그러나 승선 제 5 일에 일단 감소하였다가 육상 대조값보다 높은 수준에 머물렀으며 상륙 후에 비로소 대조값에 접근하였다. 운동시의 환기당량의 태도는 안정시에 비하면 변동이 적게 나타났으며 육상군은 승선 제 1 일에 일단 증가하였다가 그후 증감을 거치고 제 9 일부터는 계속 감소하였다. 해상군은 승선 제 1 일부터 감소를 보이고 같은 경향이 승선 제12일까지도 계속하나 제14일에는 다시 증가하여 상륙 후에는 조금 감소하였다.

용량 비율 : 제 3 표 및 제 2 도 f에 용량 비율(capacity ratio) 성적을 제시한다. 최대 호흡용량의 폐활량에 대한 비율을 표시한 것인데 육상 대조값이 육상군에서 34.4, 해상군에서 37.9 이었다. 함정에 승선하고 기관실 환경에서 관찰된 성적은 두 실험군에서 모두 대조값에 비하여 감소된 것이었다. 특히 해상군은 승선 제 1 일에 33.3, 제 5 일에 31.7 로 최저치에 이르렀다. 육상군은 승선 제 1 일에 34.8 이며, 제 5 일에 31.6 으로 최저치에 이르렀다. 그 후는 두 실험군이 같은 태도를 보이었는데 승선 기간에 계속 증가의 경향을 보이었으며 상륙 제 4 일에 각각 육상 대조값으로 회복되었다.

기속 계수(air velocity index) : 제 3 표 및 제 2 도 g에 기속계수 성적을 제시한다. 육상 대조값이 육상군에서 1.15, 해상군이 1.30 이었으며 승선 제 5 일에는 두 실험군이 모두 1.06 으로 최저치에 이르고 그후 증가하나

Table 4. Energy expenditure Ground duty group, N=8

	One day before boarding the ship		Days on board										Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.
Resting														
Respiratory quotient	0.94	0.02	0.97	0.01	0.93	0.01	0.97	0.01	0.98	0.01	0.99	0.06	1.03	0.08
Energy expenditure (k cal/m²/hr)	60.0	3.2	71.8	3.4	68.1	2.6	69.2	1.8	67.9	4	65.8	4	61.9	4
Exercise														
Respiratory quotient	0.94	0.01	0.93	0.01	0.94	0.01	0.94	0.02	0.95	0.09	0.94	0.01	0.92	0.01
Energy expenditure (k cal/m²/hr)	202	88	246	10.1	249	14	250	11.6	249	10	219	14	251	10.8

Sea duty group, N=8

	One day before boarding the ship		Days on board										Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.
Resting														
Respiratory quotient	0.87	0.02	0.95	0.02	0.90	0.02	0.97	0.04	0.95	0.01	0.98	0.04	0.82	0.1
Energy expenditure (k cal/m²/hr)	74.7	5.2	66.5	7.7	77.4	6.8	71.8	5.6	67.4	2.7	74.4	3.6	68.8	5
Exercise														
Respiratory quotient	0.96	0.01	0.94	0.01	0.92	0.02	0.92	0.02	0.96	0.01	0.94	0.01	0.94	0.01
Energy expenditure (k cal/m²/hr)	256	20.8	274	11.7	290	10	310	12.7	289	15.3	280	9.7	292	20.1

육상 대조값보다는 낮은 값이었으며 상륙 제 4 일에 대조값으로 회복되었다.

3. 에너지 대사량

에너지 대사량 측정 성적을 제 4 표 및 제 3 도에 제시한다. 안정시 육상군의 대조값이 60.0, 해상군이 74.7 kcal/m²/hr 로서 이들 둘 사이의 차이에 어떤 특별한 원인을 찾을 수는 없었다. 승선하여 기관실 환경에서 측정한 값이 두 실험군에서 모두 육상 대조값보다 조금씩 큰 것이나 같은 수준에 있었던 것이라고 할 수 있겠다.

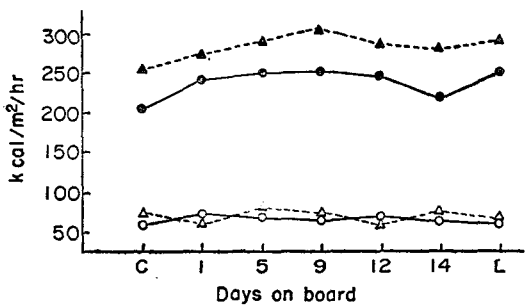

Fig. 3. Energy expenditure. Legends are the same as in Fig. 1.

운동시의 대사량은 해상군이 육상군보다 컸으며 합정내 기관실 환경은 작업 대사량을 더욱 증가시켰다. 즉 육상 대조값이 육상군에서 202, 해상군에서 256 k cal/m²/hr 이었는데 승선 제 1 일에 육상군이 246 으로, 해상군은 274 kcal/m²/hr 로 증가되었다. 육상군은 그후 같은 수준에 머물렀으나 해상군은 증가를 계속하여 승선 제 9 일에 310 에 이르는 최고치를 보였고 상륙 후에도 승선전 대조값보다 높은 값들을 보였다.

4. 혈액내 젖산 농도

정맥혈내 젖산 농도의 변동을 제 5 표 및 제 4 도에 제

Table 5. Lactic acid concentration Ground duty group, N=8

	One day before boarding the ship		Days on board										Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.
Resting														
Lactic acid (mg%)	9.0	0.76	19.3	4.57										
Exercise														
Lactic acid(mg%)	18.3	2.49	24.5	4.3	23.6	2.6	20.8	2.5	26.9	7			28.2	2.8

Sea duty group, N=8

	One day before boarding the ship												Four days after landing	
			1		5		9		12		14			
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.
Resting														
Lactic acid (mg%)	10.7	0.74	16.5	2.82										
Exercise														
Lactic acid (mg%)	18.5	1.4	24.9	2.9	24.3	1.3	31.0	1.8	27.5	2.8			27.6	2.0

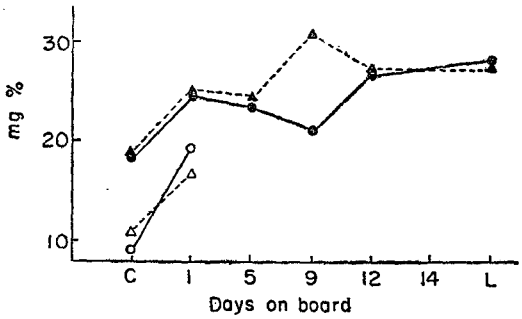

Fig. 4. Lactic acid concentration in venous blood. Legends are the same as in Fig. 1.

시한다. 기관실 내에서 선 자세를 30분 유지한 후의 이 논문에서 가리키는 안정상태값이 육상군에서 9.0 mg%, 해상군에서 10.7mg%이었으며 두 실험군 사이에 별반 차이가 있는 것이 아니었다.

5분동안 제자리 다름박질이란 신체 운동 직후의 값이 육상군에서 18.3 mg%, 해상군에서 18.5 mg%로 증가하여 대조 안정상태보다 현저한 증가가 나타났다. 승선 제1일에는 안정 및 운동 두 상태에서 모두 현저한 증가가 나타났다. 안정상태에서 육상군이 19.3 mg%, 해상군이 16.5 mg%였으며, 운동 직후에는 육상군이 24.5 mg%, 해상군이 24.9 mg%의 값을 보이었다. 승선 기간에는 그후 작업 직후의 젖산 농도만을 측정하였는데 증가된 수준으로 그냥 유지되었으며 상륙 후 제4일에도 높은 농도를 유지하여서 육상군이 28.2, 해상군이 27.6 mg%를 보이었다. 운동 직후의 젖산 농도는 두 실험군에서 차이가 없었다.

고 찰

해상의 함정내 기관실과 같은 중복 스트레스(multiple stress)가 작용하는 생활환경에 사람이 갑자기 노출되었을 때의 반응양상과 지속적인 노출에 순응 혹은 익숙해질 수 있는지의 여부 및 그 순응과정에 있어서의 생리적 장기간 유사한 환경하에서 생활한 사람과 미숙한 사람 사이의 반응태도의 차이를 구명함이 이 실험의 목적이었다.

대체로 성인은 1일에 약 3,000칼로칼로리의 열을 체외로 발산하며 그 대부분(75%)은 피부를 통해서 복사, 전도 및 대류에 의존하나(Schneider 및 Karpovich, 1948) 외기온이 상승함에 따라 수분증발에 의한 열방출의 비율이 커져서 34°C에 이르면 체열발산은 주로 발한에 의한 증발에 의존하게 된다. 따라서 대체로 30°C 이상

을 고온환경으로 보며 33~34°C 이상으로 외기온이 상승하면 신체적 장해를 초래하게 된다고 한다. 비록 인체가 고온에 노출되어도 급성질환이 초래되지는 않는다 해도 장기간 노출되면 서서히 피부질환, 관절염, 동맥경화증등의 퇴행성 변화나 신체적 긴장도의 감소와 작업능률의 저하를 초래한다는 것이 알려져 있다.

더욱이 고온환경하에서 부적당한 습도, 진동, 소음, 동요 등과 같은 중복 스트레스하에서는 각 스트레스에 대한 내력이 감소될 뿐만 아니라 더 현저한 생리적 변동이 유발된다는 것이 여러 연구자들에 의해서 보고되었다(Duffner 등, 1962, Schneider 와 Karpovich, 1948, Megel 등, 1962). 함정 승무원은 대체로 35°C~50°C, 20~25% 포화의 고온건조한 공기, 기관과 발전기에 의한 7 cycle/sec 전후의 진동과 각종 파장의 소음 및 해상 풍랑에 따른 좌우동요와 전후동요가 끊임없이 일어나는 물리적 환경하 임무의 특수성에 따르는 단조로운 작업 및 정신적 긴장속에서 생활하며 이와 같은 제 요소는 생리적 현상에 변동을 초래할 것으로 생각된다.

고온상태에서 작업시에 Schneider 등 (1948), Bell 등 (1961)은 대사량이 증가함에 따라 체온은 약 1~2°C 상승한다고 했고 尹德老(1963)는 고온에 노출시에 체온은 상승하며 그 정도는 고온에 대한 내력이 낮을수록 심하다고 했으며 이때의 체온이 상승하는 기전으로서 Pellegrint 등(1946) 및 Asmussen 등(1947)은 발생된 열의 발산에 결함이 있는 것이 아니고 체온 조절중추의 기능장해에 기인한다고 하였다. 그러나 Brouha 등(1960)은 고온다습(32.2°C, 82 %포화)한 환경하에서는 체온이 상승하나 본 실험조건과 유사한 고온저습 환경(37.2°C, 25 %포화)에서의 작업시는 체열의 발산이 효율적이기 때문에 체온의 상승은 관찰할 수 없다고 했고 또 玄光喆과 崔重植(1964)은 유사한 성적을 보고한 바 있다.

본 실험에서는 해상군과 육상군 모두 함정내 환경에 노출시에 체온의 변동은 전혀 관찰할 수 없었는데 이 성적은 Brouha 등(1960) 및 玄(1964) 등의 보고와 일치하며 고온환경하에서 안정 및 작업시에 체온이 상승하지 않음은 노출시간이 비교적 짧았다는 점과 낮은 습도에 의해서 효율적인 체열발산이 가능했기 때문이라고 추측된다.

맥박에 대한 고온의 영향에 관해서는 여러 연구자들의 의견이 대체로 일치되어 있는 것 같다. Houssay 등 (1955)은 외기온이 약 20°C 이상 상승하면 맥박은 증가한다고 했으며 Spector (1958)는 외기온의 상승에 따르는 맥박의 변화는 고온에 대한 가장 예민한 생리적 반응이며 생리적 조절중 일차적이며 중요한 지수로 간주되고 있다고 했고, Robinson (1949)은 맥박의 변동을 열부하를 표시하는 지수로 보고 최고 맥박수가 높을수록 열부하는 크고 발한 시간이 빠를수록 열부하가 극도에 달하는 시간이 빠르다고 주장했고 尹德老(1963)도 동일한 성적을 보고한 바 있다. 고온환경에서 작업하여 나타나는 맥박의 변동에 대해서는 Suggs 등(1961)은 고온의 정도 및 운동부하량에 비례해서 맥박은 증가한다고 했고 Brouha 등(1960)에 의하면 그 증가률은 고온저습 환경에서 보다 고온다습 환경에서 더 현저하다고 하고 이때 맥박의 변동은 작업 및 열부하의 이중 스트레스의 정도를 추측하는 좋은 지수가 된다고 했으며 Smith (1922) 및 Schneider 등(1948)은 이 증가률은 운동부하량과 직선적 상관관계가 있다고 보고했다. 고온에 대해서 인체가 익숙해지면 맥박의 변동은 서서히 오고 그 정도도 미약하며 고온에 대한 내력 시간과 맥박증가률 사이에는 반비례적 관계가 있다고 尹德老(1963)는 보고했고 玄光喆 등(1964)도 유사한 실험성적을 관찰한 바 있다.

본 실험성적에 의하면 안정시에는 양군 모두 환경의 변화에 따른 맥박의 변동을 관찰할 수 없었으나 운동부하시에는 육상 환경에서 보다 해상환경에서 높음은 상기한 제 연구자들의 업적과 일치하는 결과이다. 해상환경에 장기간 노출되었던 해상군에서 맥박의 증가률이 육상군보다 적었는데 이것은 고온에 대해 익숙해 질수록 맥박은 미약한 반응을 보인다는 尹德老(1963)의 성적과 일치하며 해상환경에 노출되었던 2주간은 계속해서 맥박이 증가된 값을 유지하였으나 해상군 값이 육상군 값보다 적은 일은 해상군이 환경에 순화되었음을 말한다.

대체로 외기온도에 대한 호흡수의 반응은 대단히 민감하여 직장 온도 1°C 상승에 호흡수는 매분 5~6 증가한다고 한다(Schneider, 1948).

Suggs 등(1961)은 외기온의 상승 및 운동 부하량에 따라 호흡수는 증가한다고 했으며 尹(1963)은 인체가 고온에 노출되면 호흡수는 증가하며 고온에 대한 내력이 낮을수록 그 정도는 심하다고 했고 또 玄 등(1964)은 함정 기관실의 고온 저습 환경하에서 안정 및 운동부하시에 경도로 호흡수가 증가함을 관찰했다고 보고한 바 있다.

본 실험성적에 의하면 안정시는 尹(1963)의 성적과는 달리 해상환경에 익숙하지 않은 육상군은 전혀 호흡수의 변동이 없는 반면 해상군은 경도의 상승을 보였음은 흥미있는 사실이다. 운동 부하시는 육상군은 해상환경에 폭로된 제 1 일은 현저히 상승했으나 그후 점차 정상화함은 Suggs 등(1961)의 외기온 및 운동 부하량에 따라 상승한다는 보고와 尹(1963)의 내력이 생김에 따라 상승률이 낮아진다는 보고등을 수긍케 하나 해상군은 폭로 제 1 일에는 오히려 하강한 후 다시 상승하며 점차

정상화하는 것에 대한 기전은 명백하지 않다.

진동과 호흡수의 관계는 Pape 등(1963)의 동물 실험에 의하면 진동은 호흡수를 변동시키지 않는다고 했으나 Duffner 등(1962)은 합정에서와 같은 7 cycle/sec에 노출된 인체 실험에서 초기는 호흡수를 증가시키나 곧 정상화한다고 했다. 본 실험에서는 승함후 24시간 이상 동일한 진동에 폭로되어 있었기 때문에 실험중에는 진동자체에 의한 호흡수의 변동은 없었을 것으로 생각된다.

온도와 습도가 혈압에 미치는 영향에 관해서 Brouha 등(1960)은 고온저습이나 고온다습은 다같이 혈압에는 아무런 영향을 미치지 않는다고 했고 玄(1964)도 본 연구와 동일한 실험 조건하에서 혈압의 특이한 변화를 관찰할 수 없었다고 했으나 尹(1963)은 고온에 내력이 생긴 인체는 수축기 및 확장기 모두 하강하나 내력이 낮은 군은 오히려 수축기압과 맥압이 상승한다고 했으며 고온폭로에 대한 내력이 짧을수록 그 정도는 심하다고 했고 Gold (1960)는 온열 스트레스하에서 맥압이 커지는 것은 수축기압의 상승에 기인할 때가 많고 온열 자극을 견디는데 있어 매우 불리한 변화로서 열방산을 위한 순환기 제통의 광범위한 대상기능의 부전을 의미한다고 했다. Schneider 등(1948)은 대체로 인체는 고온에 폭로될 때 혈압의 반응은 일정치 않으나 확장기압은 저하하는 편이며 수축기압은 상승 또는 하강함을 관찰하고 수축기압이 일정한 반응 양상을 보이지 않는 것은 혈관의 수축 혹은 확장, 심장박출량 및 심박수에 따라 어느 방향으로도 변동할 수 있기 때문이라고 설명했다. 작업 부하가 혈압에 미치는 영향에 관해서 Brouha 등(1960)은 확장기혈압은 변동이 없으나 수축기혈압은 외부 환경에 관계없이 작업 부하에 대해서만 변동할 수 있다고 보고했고 Houssay 등(1955)도 작업 부하는 수축기와 미약하나마 확장기의 혈압을 높인다고 했다.

본 실험성적에 의하면 육상군에서 해상 안정시에 수축기혈압이 불규칙하나마 경도로 하강하는 경향을 보인 것을 제외하면 전체적으로 보아 유익한 변동을 관찰할 수 없었는데 혈압은 온도와 습도의 정도, 작업의 경중, 및 작업 환경의 노출 시간등에 따라 반응의 양상이 달라지므로 일률적인 평가를 하기는 어려울 것으로 생각된다.

일반적으로 고온 환경에서 안정시 및 운동시에 호흡용적과 환기량은 증가된다고 하며 특히 Houssay 등(1955)은 수행한 작업량과 환기량 및 산소 소모량 사이에는 직접적 상관관계가 있다고 했으나 Brouha 등(1960)은 고온 다습 환경(32.2°C, 32%포화)에서는 운동 부하가 환기량을 증가시키지만 고온 저습 환경하(37.2°C, 25%포화)에서는 오히려 감소함을 관찰하고 환기량은 환경에 의한 영향보다 운동 부하에 더 민감하게 반응한다고 했다.

그러나 Brouha 등(1960)의 고온 저습 환경과 유사한 조건하에서 실험한 玄 등(1964)은 환경과 운동 부하 모두에 대해서 호흡용적과 환기량은 증가하며 그 정도는 이상 환경에 익숙하지 못한 실험군에서 더 현저했다고 보고했다. Duffner 등(1962)은 합정에서와 비슷한 진동수인 7 cycle/sec에 4분간 폭로했을 때 환기량은 처음엔 증가하나 곧 정상범위로 회복하지만 4~5 cycle/sec의 진동에 대해서는 뚜렷이 상승하는 경향을 보인다고 했으나 Pape (1961)는 강한 진동은 오히려 환기량을 현저히 감소시킨다고 했다.

본 실험에서는 일호흡용적은 해상군에서 승선 제 5 일부터 증가하나 육상군은 제 1 일에 벌써 크게 증가하였음은 환경에 익숙치 않은 육상군의 특징을 나타낸다고 하겠다.

매분 환기량은 양군 모두 안정시에는 거의 변동이 없는데 비해 운동시에는 육상군에서만 현저히 증가한 후 시일이 경과함에 따라 서서히 감소했다.

이와같은 관찰 성적은 환기량은 환경에 의한 영향보다 운동 부하에 더 민감하게 반응한다고 한 Brouha 등(1960)의 견해와 이런 변동은 익숙하지 못할 수록 더심하게 나타난다고 한 玄 등(1964)의 보고 및 7 cycle/sec의 진동은 환기량에 뚜렷한 변동을 초래하지 않는다고 한 Duffner 등(1962)의 보고를 모두 부분적으로 시인케 하는 결과이다.

외부환경의 변동이 폐활량 최대호흡용량 기속계수(air velocity index) 및 용량 비율(capacity ratio)에 미치는 영향에 관한 연구업적은 별로 많지 않은데 그 이유는 공업 생리학에 관련된 이상 환경에 노출시에 나타나는 생리적 변화에 대한 연구의 많은 부분이 최근에 급격히 발전되어 온 환기역학의 개념이 체계화되기 이전에 발표된 것들이고 환기역학과 폐장에 기질적 변화를 초래하지 않는 생활환경과는 직접적 관계가 없기 때문일 것으로 생각된다.

尹(1963)은 고온 환경에 폭로되면 폐활량은 감소하며 그 정도는 내력시간이 짧을수록 더 심하여 호흡수의 변화와 병행하고 있다고 하고 이것은 연속된 호흡수 과다에 기인한 폐장기능저하의 결과라고 설명했다. 또 Duffner 등(1962)은 7 cycle/sec의 진동에 4분간 노출시에 폐활량에는 하등의 변동도 관찰할 수 없다고 했다. 본 실험성적에 의하면 폐활량은 양군에서 모두 뚜렷한 변화는 없으나 해상군에 비해 육상군은 해상 환경에 폭로하므로써 미약한 하강치를 보였으며 육상 귀환후에 원상으로 회복함은 대체로 尹(1963)의 견해와 일치하나 이 때의 폐활량이 감소한 원인으로서 폐장내에 기질적

변화가 생김에 기인한 결과라고 생각되지는 않는다. 최대호흡용량은 양군 모두 해상 환경에서는 심히 저하하였는데 이와같은 변화는 단시일간의 해상 환경에 폭로되므로써 최대호흡용량에 영향을 줄 수 있는 기질적 변화가 발생했다고는 생각하기 어려우므로 가장 중요한 요소는 고온등의 해상환경이 호흡근을 더 빨리 피로케 하므로써 최대의 호기를 신속하게 수행하지 못한데 기인한 것으로 추측되며 이 점은 함상환경에 장시간 폭로되어 온 해상군과 그 환경에 익숙해질 기회가 전혀 없었던 육상군 간에 하등의 반응의 차이가 없이 격렬한 운동에 대해서 급속히 피로에 빠지는 것은 합정 승무원의 작업능률과 건강관리를 위하여 더 많은 연구가 요구되는 문제인 것 같다.

폐활량은 큰 변동이 없는데 대해 최대 호흡용량이 현저히 감소하므로서 용량 비율 및 기속계수는 양군에서 모두 해상 환경에 폭로되어 있는 동안에는 뚜렷이 저하했었고, 이와 같은 변화의 의미는 최대 호흡용량이 감소한 요인과 동일한 것으로 생각되며 호흡능률 저하를 의미한다.

환기당량에 대해서 Brouha 등(1960)은 고온 저습 환경에서는 환기량은 증가하지만 산소 소모량이 감소하므로써 환기당량은 현저히 상승(환기 효율은 저하) 하나 고온 다습 환경에서는 작업 부하를 가할 때만 환기당량이 상승한다고 했다.

본 실험의 성적에 의하면 환기당량은 양군 모두 안정시에는 뚜렷한 변화를 보이지 않으나 운동시에는 해상군이 육상군보다 적었음은 해상군이 기관실 환경에 더 익숙한 표시라 하겠다.

체온에 가까운 온도 환경하에서는 체내열 축적을 방지하기 위해 1/4은 대사량의 감소와 3/4은 발한에 의한다고 한 것을 감안한다면 합정내의 고온 환경에 폭로되면 열대사량은 감소해야 될 것이나 尹(1963)은 고온에서 인체는 열대사량이 증가하며 그 정도는 고온에 대해서 익숙하지 못할 수록 억제되어야 할 대사의 화학적과정이 오히려 촉진됨으로써 대사량이 증가될 것이라고 설명했고, Suggs 등(1961), Consolazio 등(1958, 1963) 및 玄 등(1964)도 이와 유사한 성적을 보고한 바 있다. 고온 환경하에서 작업 부하시에 열대사량에 관해서는 Brouha 등(1960)은 실온에서 보다도 고온 저습 환경에서는 근 수축이 더 효율적이므로 산소 소모량은 저하한다고 했고 Williams (1962)도 동일한 보고를 한 바 있으나 한편 다른 연구자는 고온하에서 운동 부하시에는 실온에서 보다 산소 소모량을 증가시킨다고 했고(consolazio, 등 1958, 1963), 그 기전으로서 열의 운반을 위한 순환량의 증가, 땀의 증발에 의한 열량소모의 증가 및 체온은 상승에 기인한다고 설명하고, 이 현상은 인체의 고온에 대한 훈련을 통해서나 또는 익숙해지므로써 변동되지 않는다고 주장했다. 진동과 열대사량에 관해서는 Duffner 등(1962)은 진동은 산소 소모량은 증가시키며 진동수가 낮아질 수록 산소 소모량은 높아진다고 한 바 있다.

본 실험의 성적은 안정시는 양군 모두 변동이 없으므로서 상기한 Suggs 등(1961), Consolazio 등(1958, 1963)의 성적과는 다르며 고온 저습 환경은 적어도 안정 상태하에서 단기간 폭로하면 체열발산이 효율적이기 때문에 크게 열대사에 영향을 주지 않는 것 같다. 작업 부하시에는 양군 모두 같은 정도로 상승함으로써 다른 연구자의 보고와 일치하며 양군간의 차이가 없음은 인체가 고온에 대한 훈련을 통해서나 또는 익숙해지므로써 산소 소모량의 증가가 둔화되지 않음을 의미하는 것 같다.

운동을 하면 산소 소모량과 환기량이 증가하고 산소부채(oxygen debt)와 혈액내 젖산 농도가 증가함은 주지된 사실이다. De Lanne 등(1959)에 의하면 실온에서 보다 고온 저습 환경에서 근육의 수축이 훨씬 더 효율적이기 때문에 혈액내의 젖산 농도도 더 낮다고 한다. 본 실험의 성적에 의하면 양군간에는 차이가 없이 해상 환경에 노출됨으로써 안정시와 운동시 모두 혈액내 젖산 농도는 현저히 증가했는데 이것은 De Lanne 등(1959)의 보고와는 상이한 성적이다.

이 현상에 대한 기전은 확실치 않으나 적어도 해상 환경에서는 혹종의 비효율적 대사상태로 인해서 동일량의 작업 부하에 대해 더 높은 혈액내 젖산 농도를 유발할 것이고 그 결과로 육상 환경에서 보다 더 빨리 더 심한 피로를 가져오게 했을 것으로 추측된다.

결　　론

한국 해군장병 16명을 대상으로 하여 해군 합정기관실 환경이라는 복합 스트레스 작용의 순환, 호흡 등 기능에 미치는 영향을 관찰하였다. 대상자의 8명은 배에서 근무한 경험이 없는 육상 대조군이고, 나머지 8명은 평균 3.5년 배에서 근무한 해상군이었다. 배가 항구를 떠나기 전날 육상에서 여러 대조 측정을 하고, 배가 서해에 머무는 동안 기관실 내에서 여러 측정을 하여 이것을 육상 대조 측정과 비교하였다. 배의 기관실에서는 항해 제 1 일(실험 기간으로는 제 2 일), 제5, 제9, 제 12, 제14일에 측정을 반복하였고 상륙 후 제 4 일(실험 기간으로는 제 20 일)에 다시 측정하였다. 기관실 환경은 고온 (35~42°C), 저습(비습이 20~38%), 진동(매초 7 싸이클 가량), 배의 전후 및 좌우 동요, 소리등이 함께 작용하는 것이었다. 모든 측정은 선 자세로 15분 안정을 유지한 후와 2 초에 한번 뛰는 제자리 다름

박질의 제 5분 후에 하였다. 다만 대사량과 폐기능은 제 3분 내지 제 5분 사이에 하였다. 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 체온은 육상이나 기관 실내에서나 안정 또는 5분 동안 운동으로는 유의한 변화가 나타나지 않았다.

2. 맥박수에는 현저한 변동이 있었다. 육상군이나 해상군의 구별없이 승선 제 1 일부터 맥박수가 증가하였으며 특히 운동 후에 증가가 컸다. 안정시 맥박수 변동은 두 실험군 사이에 차이가 있었다. 즉 육상군의 육상 대조값이 매분 76이며 승선 제 9 일까지 계속 증가하여 89에 이르고 그후에야 조금 감소를 보이었는데 반하여 해상군의 육상 대조 값은 81이었으며 승선 제 5 일에 87로 증가하였고 그후는 육상군보다 적은 맥박수를 유지하였다. 즉 해상군의 기관실 환경에 대한 심장 박동수 증가 반응은 육상군보다 작았다.

3. 최고 동맥혈압은 육상군에서는 승선하면 감소의 경향을 보이고 해상군은 증가의 경향을 보이었다. 최저 혈압은 다 같이 감소하였다. 그러나 혈압에 내포되는 요인이 많으므로 일률적으로 평가하기는 곤란하였다.

4. 매분 호흡수는 육상군은 승선 기간 중 계속 증가된 값을 유지하였으나 해상군은 승선 제 1 일에 일단 증가하나 그후에는 감소하여 육상 대조값과 거의 같았다. 그러나 환경에 순화된 해상군의 증가률이 적었다. 안정시 또는 운동후 어느 경우에나 해상군의 호흡수 절대치는 많았다.

5. 승선 후에는 두 실험군 다같이 호흡 기능의 능률 저하를 보이었다. 즉 일호흡용적, 매분환기량은 증가하였으나 최대호흡용량, 폐활량, 용량 비율 및 기속 계수의 감소가 있었다. 운동시 환기 당량이 해상군은 감소하고 육상군은 증가하였는데 해상군의 기관실 환경에 대하여 익숙함을 가리킨다. 즉 호흡기능의 능률 감소는 해상군이 육상군보다 작았다.

6. 승선하는 기간에 에너지 대사량이 양군에서 증가하였다. 해상군이 더 큰 증가를 보이었다.

7. 안정시이거나 운동후이거나 정맥혈내 젖산 농도는 증가하였다. 젖산농도는 육상군과 해상군의 반응 태도에 차이가 없었다.

REFERENCES

Asmussen, E., and M. Nielson: *Acta Physiol. Scand. 14:382, 1947. Cited from Schneider and Karpovich. Physiology of Muscular Activity.*

Baldwin, E. De F., A. Cournand, and D.W. Richards, Jr.: *Pulmonary insufficiency. I. Physiological classification, clinical methods of analysis, standard values in normal subjects. Medicine 27:243, 1948.*

Barker, S.B., and W.H. Summerson: *Colorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Cehm. 138:535, 1941.*

Bell, G.H., J.N. Davidson, and H. Scarborough: *Textbook of Physiology and Biochemistry. 5th ed., 1961.*

Brouha, L., P.E. Smith, J., R.De Lanne, and M.E. Maxfield: *Physiological reactions of men and women during muscular activity and recovery in various environments. J. Appl. Physiol. 16:133, 1960.*

Cho, Kyu Sang: *A study on occupational diseases in Korea. J. Korean Med. Assoc. 7:1143, 1965.*

Consolazio, C.F., F. Konishi, R.V. Ciccolini, J.M. Jamison, J.F. Sheehan, and W.F. Steffen: *The nutrient consumption and energy requirements of sedentary military personnel living in a hot dry environment, Yuma, 1957. USAMRNL Report No. 219, 1958.*

Consolazio, C.F., Le R.O.Matoush, R.A. Nelson, J.B. Torres, and G.J. Issac: *Environmental temperature and energy expenditures. J. Appl. Physiol. 18:65, 1963.*

De Lanne, R.J., R. Barnes, L. Brouha, and F. Massart: *Changes in acid-base balance and blood gases during muscular activity and recovery. J. Appl. Physiol. 14:328, 1959.*

Duffner, L.R., L.H. Hamilton, and M.A. Schmitz: *Effect of whole body vertical vibration on respiration in human subjects. J. Appl. Physiol. 17:913, 1962.*

Gaensler, E.A.: *Air velocity index. A numerical expression of the functionally effective portion of ventilation. Am. Rev. Tuberc. 62:17, 1950.*

Gold, J.: *Aerospace Med. 31:933, 1960.*

Harper, H.A.: *Review of Physiological Chemistry. 8th ed., 1961.*

Houssay, B.A.: *Human Physiology. 2nd ed., 1955.*

玄光喆, 崔重植：艦艇內 生活環境이 人體의 生理學的變化에 미치는 影響에 關한 硏究. 海軍軍醫團誌, *9:76, 1964.*

李麟奎, 李英世, 鄭泰振：艦上勤務將兵에 對한 乘艦(出入港) 前後에 있어서의 基礎新陳代謝의 變動에 關한 硏究. 大韓軍陣醫學, *1:67, 1961.*

李世衍, 洪正杓, 崔重植, 金建烈 : 海軍將兵의 日當 *Energy* 代謝量 및 營養狀態에 關한 硏究, 海軍軍醫團誌 *8:45, 1965.*

Matheson, H. W., S.N. Spies, J.S. Gray, and D.R. Barnum: *Ventilatory function tests. II. Factors affecting voluntary ventilatory capacity. J. Clin. Invest. 29:682, 1950.*

Megel, H., H. Wozniak, L. Sun, E.Frazier, and H.C. Mason: *Effects on rat of exposure to heat and vibration. J. Appl. Physiol. 17:759, 1962.*

Pape, R.W., F.F. Becker, D.E. Drum, and D.E. Goldman: *Some effects of vibration on totally immersed cats. J. Appl. Physiol. 18:1193, 1963.*

Pellegrint, A., G. Riva, and R. Margaria: *Bull. Soc. Ital. Biol. Sper. 22:474, 1946. Cited from Schneider and Karpovich, Physiology of Muscular Activity.*

Robinson, S.: *Physiological adjustments to heat. In Physiology of Heat Regulation. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1949.*

Schneider, E.C., and P.V. Karpovich: *In Physiology of Muscular Activity. W.B. Saunders Co., 1948.*

Scholander, P.F.: *Analyzer for accurate estimate of respiratory gases in one half cubic centimeter samples. J. Biol. Chem. 167:235, 1947.*

Smith, H.M.: *Gaseous exchange and physiologic requirements for level and grade walking. Carnegie Institute of Washington, 1922.*

Spector, W.S.: *New Handbook of Biological Data. W.A.D.C., 1958.*

Suggs, C.W., and W.E. Splinter: *Some physiological responses of man to workload and environment. J. Appl. Physiol. 16:413, 1861.*

Williams, C.G., G.A.G. Bredell, C.H. Wyndhan, N.B. Strydon, J.F. Morrison, J. Peter, P.W. Fleming, and J.S. Ward: *Circulatory and metabolic reactions to work in heat. J. Appl. Physiol. 17: 625, 1962.*

尹德老 : 高溫環境下 人體의 諸 生理的變化에 關한 硏究. 航空醫學 *10:1, 1963.*