

수중운동시 잠수복착용 피검자의 열 평형. 특히 잠수장갑 및 버선착용의 영향

고신대학 의학부 생리학교실 및 잠수과학연구소

최장규, 홍성원, 박양생

Thermal Balance of Wet-Suited Subjects during Exercise in Cold Water with Special Reference to the Effect of Wearing Gloves and Boots

Jang Kyu Choi, Sung Won Hong and Yang Saeng Park

Department of Physiology and Diving Science Institute, Kosin Medical College, Pusan, Korea

= Abstract =

In 5 wet-suited subjects, changes in body temperature and heat exchanges were studied at rest and during exercise in water of 17°C. The subjects wore protective gloves and boots in one series and none of these in the other in order to evaluate the effect of selective cooling of hands and feet on the response of the thermoregulatory systems.

When the subjects were resting in water the rectal and mean skin temperature changes, the metabolic heat production, the overall body insulation and the heat loss through the skin were not apparently altered by protecting hands and feet. However, during exercise in water, the mean skin temperature was maintained at 2~3°C higher level and the rectal temperature at a similar (during light exercise) or slightly (1.5°C) lower (during heavy exercise) levels with the protection than those without the protection. Although the core to skin temperature gradient was lower in the former than in the latter situation the rate of skin heat loss appeared to be similar due to the overall insulation of the body was lower in the former than in the latter. The steady-state local skin temperature at trunk and extremities during exercise was significantly higher with the protection of hands and feet than those without the protection, the difference being increasingly greater at more distal parts of extremities.

These results indicate that in wet suit divers working in cold water (of

approximately 17°C) the protection of hands and feet by wearing gloves and boots induces less intensive vasoconstriction (hence lower thermal insulation) at the peripheral tissues, especially at the limbs. As a consequence, the protection of hands and feet is ineffective in reducing body heat loss. However, it may be particularly significant in maintaining the skin temperature high for the subject's comfort and also in preventing hyperthermia which may be induced during very high levels of exercises.

I. 서 론

찬물에서 잠수작업을 수행할 때 대두되는 가장 심각한 생리학적 문제점의 하나는 체온의 하강이다. 심부체온(core temperature)이 35°C 이하로 내려가면 정신적, 육체적 작업 수행능이 급격히 저하된다⁽¹⁶⁾. 이 점은 과거 해녀연구에서도 관찰된 바 있는데, 해녀들은 여름에나 겨울에나 심부체온이 35°C 정도까지 하강하면 언제나 잠수작업을 중단하고 물으로 올라와서 불을 쬔면서 체온을 상승시킨다^(6,8). 물론 해녀들은 작업중 체온을 측정하지도 않고 또 체온이 어느 정도 하강하는지도 모르고 작업을 하지만 오랫동안의 경험을 통해서 작업수행능력이 떨어진다고 생각할 때는 즉시 작업을 중단하는데 이때 그들의 직장온도를 측정해 보면 35°C 전후이다. 잠수복을 착용할 경우 수영복 착용시보다 체온 하강이 현저히 둔화되지만⁽⁷⁾ 수온이 낮을 경우 특히 수중에서 안정하고 있을 때는 심부체온이 계속 하강한다^(2,4,17,19).

한냉 환경에서 인체의 체온은 체내 열생산량과 체외로의 열손실량의 차에 의하여 결정되는데 전자보다 후자가 클 경우 체온은 계속 하강한다. 따라서 체온 저하를 방지하기 위한 생리학적 반응은 열생산량 증가를 위한 떨림(shivering)과 열손실량 감소를 위한 체절연도(insulation) 증가가 있는데 일차적으로는 후자의 형태로 나타난다⁽³⁾. 인체의 열절연도는 말초혈류량의 변화를 통해 조절된다^(3,9). 말초혈관이 최대한 수축되면 혈관이 이완됐을 때에 비해 인체의 평균절연도는 15배 가량 높아지는데, 절연도 증가가 가장 큰 곳은 손과 발이며 그 다음으로는 팔과 다리, 그리고 체간의 순이다^(15,16). 그러므로 한냉환경에서 체열 손실을 효과적으로 감소시키기 위해서는

수족 및 사지의 혈류량을 감소시키는 것이 무엇보다도 중요하다고 하겠는데, 사지의 혈관 수축은 전체 피부 온도에 의해 결정되는 것이 아니라 손이나 발과 같은 최말단부의 피부온도에 의해 주로 조절됨이 다음과 같이 몇가지 실험적 사실에 의해 암시되고 있다. 즉 Van Somerem 등⁽¹⁵⁾은 29°C 물속에 맨몸으로 침수된 잠수부 피검자에서 손과 발을 12°C 물속에 담그므로써 체표온도의 대부분을 29°C로 고정하고 손과 발 표면만을 차게할 때 전완부, 하퇴부, 손, 발에서의 국소절연도가 증가하는 경향을 관찰한 바 있으며, Craig⁽³⁾는 피검자를 20°C 물로 체온 Calorimeter 내에 침수시킨 후 손가락의 온도를 20°C에서 26°C까지 변화시킬 때 손과 발을 통한 열손실량이 손가락의 온도에 비례해서 증가함을 관찰하였다. 또 본교실에서 시행한 연구결과에 의하면 잠수복을 착용한 해녀들이 16.5°C 내외의 찬물 속에 침수되어 안정하고 있을 때의 체절연도는 잠수장갑을 착용치 않을 때가 착용할 때보다 높았다⁽⁴⁾.

이러한 성적들은 손과 발의 온도가 안정시 체조직의 전체 절연도 조절에 중요한 요인이 됨을 나타낸다고 하겠으나 운동시와 같이 체내 열생산량 및 사지 골격근의 혈류량이 증가할 때도 수족의 선택적 냉각이 체절연도를 증가시키며, 만일 증가시킨다면 그러한 변화가 체내 열평형에 어떻게 영향을 미치는지는 전연 알려지지 않은 상태이다. 따라서 저자들은 본 연구에서 잠수복착용 피검자가 수중에서 휴식하거나 운동할 때의 체열 교환상태가 잠수장갑 및 버선 착용 여부에 따라 어떻게 달라지는지를 조사함으로써 수족의 선택적 냉각이 인체의 체온조절 기능에 미치는 영향을 보다 철저히 구명함과 동시에 잠수복 착용 잠수사의 효과적인 체온유지 방안을 모색

하러 하였다.

II. 실험방법

피검자로 5명의 건강한 청년(제1표 신체적 특성 참조)을 선정하여 이들이 잠수복을 착용하고 17°C 물속에 침수되어 휴식하거나 운동할 때 잠수장갑과 버선의 착용 여부에 따라 체온조절 양상이 어떻게 달라지는지 조사하였다.

각 피검자는 두부를 제외한 전신을 향한 수조 내에 침수한 채 두시간 동안 휴식 상태로 있거나 수조 내에 장치된 bicycle ergometer를 이용하여 두시간 동안 일정한 강도로 운동을 하였다. 수조내의 물은 $17 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 로 조절되었으며, 두개의 펌프에 의해 끊임없이 유동되었는데 수온을 17°C로 조절한 것은 일반적으로 잠수복착용 피검자의 critical water temperature가 17°C 내외이기 때문이다^(14,19). 침수 중 피검자의 체온 및 산소 소모량을 각기 10분 및 30분 간격으로 측정하였는데, 체온 측정에는 copper-constantan thermocouple에 의한 digital thermometer(Bailey Instrument Inc., Model BAT 8)를 이용하였으며, 산소 소모량($\dot{V}\text{O}_2$, $1/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$, STPD)은 9 liter Collins Spirometer를 이용하여 Closed Circuit법으로 측정하였다. 체온은 직장(T_R) 및 체표의 여덟 부위, 즉 가슴(T_c , sternal border 좌측), 등(T_b , scapular 밑), 상박부(T_{ua} , triceps muscle 위), 전완부(T_{la} , flexor cap-

ri radialis 위), 대퇴부(T_{ul} , quadriceps femoris 위), 하퇴부(T_{ll} , tibialis anterior 위), 손등(T_h) 및 발등(T_f)에서 측정하였으며, 평균피부온도($\bar{T}_s$)는 Ramanathan⁽¹³⁾ 및 Mitchell과 Wyndham⁽¹⁰⁾에 의거 다음과 같이 산출하였다.

$$\bar{T}_s = 0.15T_c + 0.15T_b + 0.15T_{ua} + 0.10T_{la} + 0.05T_h + 0.2T_{ul} + 0.13T_{ll} + 0.07T_f$$

평균체온($\bar{T}_B$)은 직장온도와 평균피부온도로부터 다음과 같이 산출하였다.

$$\bar{T}_B = 0.6T_R + 0.4\bar{T}_s$$

피검자의 평균 조직절연도(I_{body})는 산소 소모량과 체온변화가 가장 적은 침수후반부에 다음과 같이 산출되었다.

$$I_{body} = (\bar{T}_R - \bar{T}_S) / \dot{H}_S$$

단, 피부를 통한 열손실량($\dot{H}_S$, $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$)⁽¹⁴⁾는 대사량($\dot{M} = 4.83 \dot{V}\text{O}_2$)과 호흡기를 통한 열손실량($0.08\dot{M}$)의 차로 규정하였는데, 평균체온($\bar{T}_B$)이 변할 때는 체열함량의 변화($\Delta S = \Delta \bar{T}_B \times 0.83 \times \text{BW}/\text{BSA}$, BW 및 BSA는 체중 및 체표면적)를 보정한 후 산출하였다. 피검자가 착용한 잠수복은 5mm 두께의 neoprene 잠수복 저고리(jacket)와 바지(pants)였으며, 각 피검자에서 잠수복만 착용했을 때(no gloves and boots)와 잠수복과 잠수장갑(5mm neoprene gloves) 및 버선(5mm neoprene boots)을 모두 착용했을 때(full wet suits)의 체온조절 기능을 비교하였다.

Table 1. Physical Characteristics of the Subjects.

Name	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA * (m^2)	SFT ** (mm)
Hong SW	35	170	63.5	1.736	3.88
Choi JK	33	171.5	76	1.886	5.41
Lee KM	23	173	62	1.741	4.07
Kwak CT	23	166	60	1.666	2.89
Yoon YM	23	173.5	66	1.791	3.92
Mean	27.4	170.8	65.5	1.764	4.03
SE	± 2.7	± 1.3	± 2.8	± 0.036	± 0.40

* : DuBois Body Surface Area = $0.007184 \times \text{Ht}^{0.725} \times \text{Wt}^{0.425}$

** : Subcutaneous Fat Thickness estimated according to Allen et.al.¹⁾

III. 결 과

그림1은 5명의 잠수복 착용 피검자가 17°C 물속에서 휴식하거나(그림1-A) 운동할 때(그림1-B 및 C) 측정된 직장온도(T_R), 평균피부온도($\bar{T}_S$) 및 대사율($\dot{M}$)의 평균치를 침수시간에 따라 표시한 것인데, 실선은 잠수장갑과 버선을 착용한 경우(Full Wet Suits)이고 점선은 착용하지 않은 경우(No Gloves and Boots)를 나타낸다.

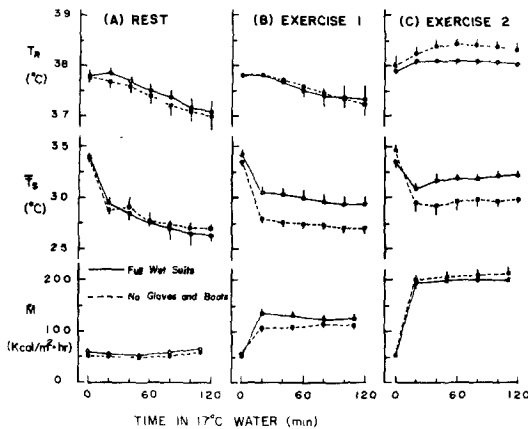


Fig. 1. Changes in rectal temperature, T_R (top), mean skin temperature, $\bar{T}_S$ (middle), and metabolism, $\dot{M}$ (bottom), in wet-suited subjects during 2 hr immersion in 17°C water. Solid lines represent data with gloves and boots; Dashed lines without gloves and boots. Each point and vertical bar represents the mean $\pm$ S.E. of 5 subjects

수중휴식시 대사율($\dot{M}$)은 장갑 및 버선 착용 여부에 관계없이 52~63kcal/m²·hr로 대략 유사하게 유지되었는데, 이는 잠수복을 착용할 경우 17°C 물속에서는 심한 한랭자극을 받지 않으며 또 손발이 노출될 경우에도 신체의 발열작용이 특히 더 증가되지는 않음을 나타낸다. 피검자들의 직장온도(T_R)는 장갑과 버선 착용시와 비착용시 모두 두시간 침수 중에 약 37.8°C로부터 37.0~37.1°C까지 하강하여 T_R 감소율(0.35~0.36°C/hr)이 양자간에 차이가 없음을 나타내었다. 평균 피부온도($\bar{T}_S$)의 경우 장갑과 버선을 착용했을 때나 착용하지 않았을 때나 처

음 20분 침수 중에는 4~5°C 정도(34°C에서 29~30°C까지) 급격히 감소되다가 그 후에는 서서히 감소되었는데 20분 후의 감소율은 전자의 경우(1.93°C/hr)보다 후자의 경우(1.10°C/hr)에 낮아서 침수 후 반부에는 장갑과 버선 착용시보다 비착용시에 오히려 $\bar{T}_S$ 가 다소 높게(0.3~0.9°C) 유지되는 경향을 보였다.

수중 운동시에는 운동 강도에 따라 장갑과 버선 착용의 영향이 달리 나타났다. 즉 경한운동($\dot{M}$ =113~124kcal/m²·hr)을 할 때는(그림1-B) T_R 및 T_R 변화율(0.22~0.27°C/hr)이 장갑과 버선 착용시와 비착용 시간에 큰 차가 없었으나 $\bar{T}_S$ 는 전자의 경우가 후자의 경우보다 2.5°C 정도 높게 유지되었다. 심한운동($\dot{M}$ =200~210kcal/m²·hr)을 할 경우(그림1-C) $\bar{T}_S$ 는 장갑과 버선 착용시가 비착용시보다 2.5°C 정도 높았으나 T_R 은 오히려 비착용시에 0.3°C 정도 높게 유지되었다. 심한 운동시에 나타나는 또

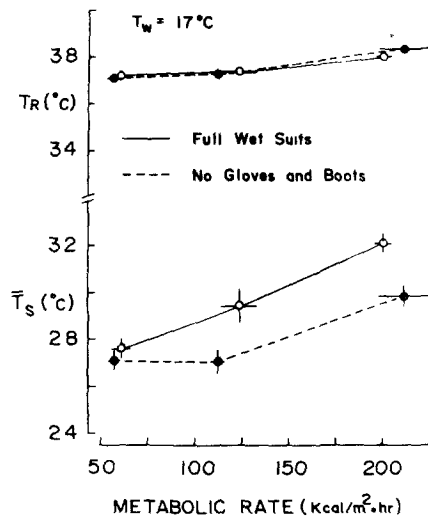


Fig. 2. Average rectal temperature, T_R (top), and the mean skin temperature, $\bar{T}_S$ (bottom), of wet-suited subjects with(solid line) and without(dashed line) wearing gloves and boots, during the final 30 min of 2 hr immersion in 17°C water, plotted as a function of exercise intensity. The exercise intensity was expressed as metabolic rate. Values are mean $\pm$ S.E. of 5 subjects.

한가지 특징적인 현상은 T_R 이 침수 전보다 증가하는 점인데 그 증가 정도는 장갑 및 버선 착용시(약 0.2°C)보다 비착용시(약 0.4°C)에 더 컸다.

그림2는 침수 후반부(90~120분)의 평균 T_R 및 $\bar{T}_S$ 를 대사율(metabolic rate), 즉 운동 강도에 대한 함수로 나타낸 것이다.

T_R 의 경우 장갑과 버선착용시(실선)와 비착용시(점선)에 모두 경한 운동을 할 때는 안정시와 큰 차이가 없었으나 심한 운동을 할 때는 안정시보다 1°C 이상 높게 유지되었다. $\bar{T}_S$ 의 경우 장갑과 버선 착용시(실선)에는 운동강도가 증가함에 따라 점차 높아졌는데 경한 운동시에는 안정시보다 평균 2°C , 심한 운동시에는 안정시보다 4.5°C 정도 높게 유지되었다. 그러나 장갑과 버선을 착용하지 않을 때는(점선) 경한 운동시에는 안정시와 차이가 없었고 심한 운동시에는 안정시보다 약 2.5°C 높게 유지되었다. 그러므로 $T_R - \bar{T}_S$ 차는 운동강도가 증가함에 따라 점차 감소되었으며 그 감소정도는 장갑과 버선착용시와 비착용시보다 더 컸다.

그림3은 침수후반부(90~120분)에 산출한 피부를 통한 평균 열손실율($\dot{H}_S$)을 운동강도에 따라 나타낸 것이다.

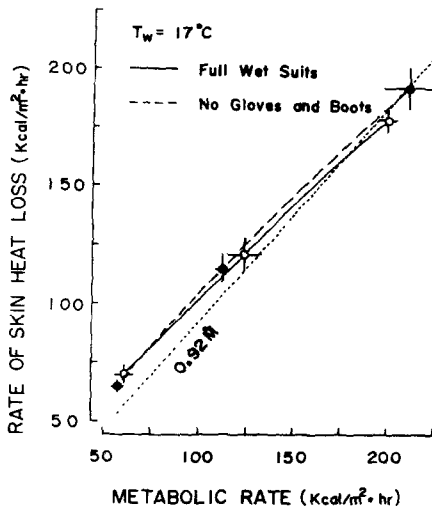


Fig. 3. Average skin heat loss of wet-suited subjects with(solid line) and without(dashed line) wearing gloves and boots at rest and while performing exercise in 17°C water.

가는 점선($0.92\dot{M}$)은 체열생산율($\dot{M}$)에서 호흡기를 통한 열손실율($0.08\dot{M}$)을 감한 값으로서 만일 $\dot{H}_S$ 가 $0.92\dot{M}$ 과 같으면 이는 체열손실율이 체열생산율과 동일하여 체내 열함량이 일정하게 유지됨을(즉 thermal steady-state) 나타내고 $\dot{H}_S$ 가 $0.92\dot{M}$ 보다 크면 체열함량이 감소되고 있음을(즉 negative thermal balance) 나타내며, 반대로 $\dot{H}_S$ 가 $0.92\dot{M}$ 보다 작으면 체내에 열이 계속 축적되고 있음을(즉 positive thermal balance) 의미한다. 그림3에서 보는 바와 같이 장갑과 버선 착용 여부에 관계없이 피검자가 수중에서 안정하고 있거나 경한 운동을 할 때는 negative thermal balance 상태에 있었으며 심한 운동을 할 때는 positive thermal balance 상태에 있었다. 전체적으로 볼 때 $\dot{H}_S$ 는 운동강도가 증가함에 따라 점차 커졌으며, 또한 같은 운동 강도에서 장갑과 버선 착용시와 비착용시 간에 비교할 때 차이가 없었다.

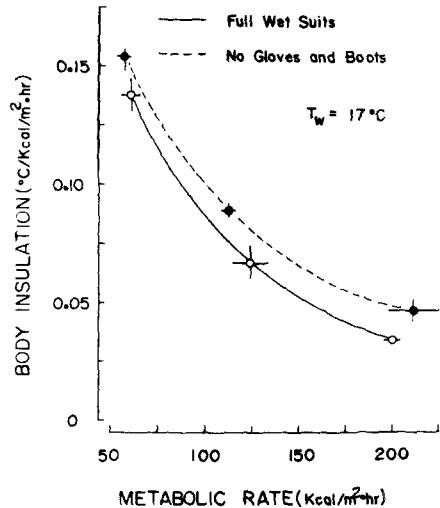


Fig. 4. Changes in body insulation(I_{body}) of wet-suited subjects as a function of exercise intensity. Data represent the mean $\pm$ S.E. of 5 subjects.

피부를 통한 열손실량은 체심부와 피부간의 온도 차에 비례하며 체조직의 열절연도에 반비례한다(즉, $\dot{H}_S = (T_R - \bar{T}_S) / I_{body}$). 따라서 그림2와 3에 나타난 성적으로 보아 조직절연도는 운동강도가 증가함에 따라 점차 감소되며, 운동강도가 같을 때는 장갑

및 버선착용시보다 비착용시에 더 높게 유지됨을 짐작할 수 있는데, 침수후반부에 체조직의 평균 절연도(I_{body})를 산출한 바에 의하면(그림4) 운동강도가 증가함에 따라 I_{body} 는 지수함수적으로 감소하였으며 안정시나 운동시나 장갑 및 버선 착용시보다 비착용시에 I_{body} 가 더 높게 유지되는 것으로 나타났다.

IV. 고 찰

현대 해녀들을 대상으로 시행한 연구 결과에 의하면 잠수복 착용 해녀가 16.5°C 물속에서 안정하고 있을 때 잠수장갑을 벗을 경우는 쉼 때보다 대사를 낮게 유지되며 직장온도는 오히려 더 높게 유지되었는데 그 원인은 장갑을 끼지 않으므로 손에 분포된 냉각수용체(cold receptor)가 더 강하게 자극되어 말초혈관 수축이 심하게 일어남으로서 체조직의 절연도가 증가되고 그 결과 체표를 통한 열손실이 감소되기 때문인 것으로 해석되었다.¹¹⁾ 본 실험에서도 피검자가 수중에서 안정하고 있을 때 잠수장갑과 버선을 착용하지 않으면 착용할 때보다 체절연도는 높게 유지되었다(그림3 참조). 그러나 해녀의 경우와는 달리 직장온도, 대사율 및 체열교환 상태가 장갑과 버선착용 여부에 따라 크게 달라지지 않았다(그림1-A 및 그림3). 이러한 차이는 아마도 손이나 발에 가해지는 한랭 자극에 대한 체온조절 중추의 반응 양상이 해녀와 같은 직업적인 잠수부와 비잠수부 간에 차이가 있음을 암시하는 것으로 사료된다. 현대 해녀들은 추운 겨울철에도 보온장갑을 착용치 않고 잠수작업에 임한다. 따라서 그들의 손은 항상 한랭 자극을 받게 되는데 이러한 상태에 장기간 반복적으로 처하게 됨에 따라 일반인에 비해 더 효율적으로 체열평형을 유지할 수 있게 된 것 같다. 해녀의 한랭 적응 현상에 대한 연구결과에 의하면 잠수복 착용 후 5년 뒤에는 잠수복 착용 전에 관찰되었던 체 적응현상, 즉 동절기에 기초대사량의 증가, shivering threshold의 상승, 비해녀에 비해 높은 조직절연도, 6°C 물속에 손을 냉각시킬 때 비해녀에 비해 더 심한 국소혈관 수축반응 등이 모두 사라졌다¹²⁾. 그러나 본 실험결과 및 해녀에서 시행한

잠수장갑 착용 효과에 대한 실험¹¹⁾ 결과로 미루어볼 때 잠수복 착용 후 해녀들에게는 새로운 형태의 한랭 적응현상이 일어나고 있다고 추측된다.

표2 및 그림5에 요약한 바와같이 운동시 피부온도는 장갑과 버선 착용시보다 비착용시에 전체적으로 낮지만 그 차는 사지하부로 내려갈수록 점차 증가하는 것을 볼 수 있다.

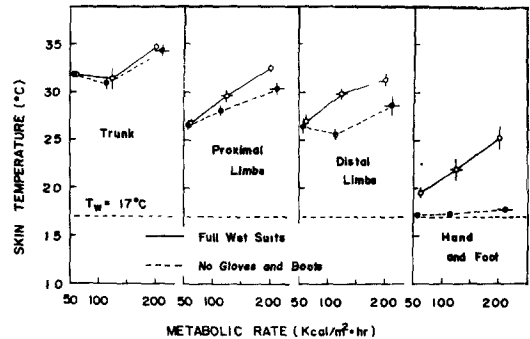


Fig. 5. Steady-state local skin temperatures in wet-suited subjects with(solid line) and without(dashed line) wearing gloves and boots as a function of exercise intensity in 17°C water.

이는 아마도 손과 발의 노출로 그 부위의 피부에 분포되어 있는 냉각수용체(cold receptor)가 강력히 자극됨에 따라 체온조절 중추를 통해서 손과 발뿐 아니라 사지, 특히 아랫다리 및 팔에서의 혈관수축이 장갑 및 버선착용시보다 더 강하게 일어난 것으로 사료된다. 최근 Wolff 등¹⁷⁾의 보고에 의하면 잠수복 착용 피검자에서 수중으로 손실되는 열량의 상당한 부분은 잠수복을 통해 일어나지 않고 잠수복과 피부사이에 존재하는 물의 대류작용에 의해 일어나며 그 정도는 안정시보다 운동시에 증가한다고 한다. 만일 이러한 현상이 장갑과 버선 착용시보다 비착용시에 크다면 이 또한 국소의 피부온도를 더 낮게 유지시키는 원인의 하나가 될 것이다. 그러나 체간 및 사지상부에서도 장갑과 버선착용에 따라 피부온도가 큰 차를 보이는 것으로 보아 그것이 주된 원인은 아니라고 사료된다. 사지에서 피부온도 감소는 그 원인 여부를 불문하고 절연도의 증가를 의미한다. 그러므로 몸 전체의 평균절연도가 장갑 및 버

Table 2. Steady-state local skin temperatures of wet-suited subjects during immersion in 17°C water.

Gloves and Boots		Rest	Exercise 1	Exercise 2
Chest	With	31.6 ± 0.3	32.2 ± 0.9	34.8 ± 0.4
	Without	31.5 ± 0.3	30.5 ± 0.5 *	34.1 ± 0.7
Back	With	31.9 ± 0.5	30.5 ± 1.5	34.6 ± 0.3
	Without	32.2 ± 0.3	31.3 ± 0.8	34.4 ± 0.8
Upper Arm	With	25.8 ± 0.5	28.7 ± 0.7	31.8 ± 0.7
	Without	25.2 ± 0.6	26.4 ± 0.8 *	28.7 ± 0.6 *
Thigh	With	28.1 ± 0.4	30.8 ± 0.6	33.4 ± 0.3
	Without	28.0 ± 0.4	29.9 ± 0.3	33.0 ± 0.7
Forearm	With	26.5 ± 0.6	29.1 ± 0.6	30.8 ± 0.9
	Without	26.2 ± 0.8	26.1 ± 0.6 *	28.2 ± 1.1 *
Calf	With	27.4 ± 0.8	30.7 ± 0.7	32.0 ± 0.9
	Without	26.8 ± 0.8	25.2 ± 0.8 *	29.3 ± 1.7 *
Hand	With	18.2 ± 0.3	21.9 ± 1.7	26.3 ± 1.7
	Without	17.2 ± 0.02 *	17.2 ± 0.1 *	17.7 ± 0.1 *
Foot	With	21.0 ± 0.7	22.2 ± 0.6	24.2 ± 1.0
	Without	17.1 ± 0.1 *	17.4 ± 0.2 *	17.9 ± 0.3 *

Values represent mean ± S.E. of 5 subjects. The average metabolic rate was 60 kcal/m²·hr at rest, 118 kcal/m²·hr during exercise level 1 and 205 kcal/m²·hr during exercise level 2.

* : Significantly different ($p < 0.05$) from the corresponding value with gloves and boots.

선 착용시보다 비착용시에 큰 것은 주로 사지의 절연도가 더 크기 때문인 것으로 사료된다.

이상에 기술한 바를 종합해 볼 때 장갑과 버선 착용은 사지 말단부의 물리적 절연도를 증가시키지만 그로 인해 국소의 피부온도가 상대적으로 높게 유지됨에 따라 체절연도 증가를 위한 생리학적 반응의 효율이 감소되며 그 결과 체열손실을 줄이는데는 아무런 도움이 없게된다고 하겠다. 그러나 장갑과 버선착용에 의한 피부온도의 상승은 피검자에게 더 편안함을 줄 것이다. 일반적으로 더 피부온도가 34~35°C일 때 가장 편하게 느끼는 것으로 알려져 있다¹⁾. 그러므로 찬물에서 작업하는 잠수부에서 장갑 및 버선착용의 의의는 아마도 피부온도를 높게 유지시켜 편안함을 갖게하는데 있는 것으로 사료된다.

본 실험에서 관찰한 흥미있는 사실의 하나는 심한 운동을 할 때 장갑 및 버선 착용시보다 비착용시에 직장온도의 상승이 큰점이다(그림1-C 참조). 그 원

인은 아마도 전자보다 후자의 경우에 체절연도가 월등히 크게(그림4 참조) 유지되기 때문일 것으로 생각되는데, 이러한 현상은 수중작업시 실제적인 중요성을 갖는다. 즉 수온이 17°C인 경우 운동량이 160~170kcal/m²·hr 이상이 되면 positive thermal balance 상태가 되어(그림3 참조) 직장온도가 상승하는데(그림1-C 참조), 수온이 이보다 더 높거나 운동량이 더 커지면 고체온증(hyperthermia)에 빠질 우려가 있다. 이때 장갑과 버선을 벗으면 손과 발 표면에 가해지는 한냉 자극에 의하여 체절연도가 증가하게 되므로 더 심한 고체온증에 빠질 가능성이 있다.

V. 결 론

잠수복 착용 피검자가 17°C의 수중에서 휴식하거나 운동할 때의 체열교환 상태가 잠수장갑과 버선착

용 여부에 따라 어떻게 달라지는지를 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 수중안정시 피검자의 직장온도, 평균피부온도, 대사율 및 체열손실량은 장갑 및 버선착用に 의해 크게 달라지지 않았다.
- 2) 그러나 수중 운동시에는 장갑 및 버선착용시에는 비착용시보다 평균 피부온도는 월등히 높게, 직장온도는 같거나(경한 운동시) 다소 낮게(심한 운동시), 체열연도는 월등히 낮게 유지되었으며, 열손실량은 양자간에 차가 없었다.

이러한 결과는 잠수복 착용잠수사가 수중작업을 할 때 잠수장갑 및 버선 착용은 체열손실량을 크게 변화시키지는 않지만 피부온도를 높게 유지시키므로 편안감을 줄 수 있고, 또 심한 운동시에는 고체 온증에 빠질 위험성을 감소시킬 수 있음을 시사한다. 체온생리학적으로 볼 때 본 실험의 중요한 결론은 운동시 사지의 혈류량이 증가할 때도 체온조절 중추의 반응은 손, 발 등 사지말단부의 피부온도에 의해 크게 좌우된다는 사실인데 이점 환경자극에 대한 인체의 반응양상을 이해하는데 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

감사의 말

본 연구수행에 있어 기술적인 협조를 한 김정숙양과 피검자 여러분께 심심한 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

1. Allen TH, Peng MT, Chen KP, Huang TF, Fong HS : Prediction of total adiposity from skin-folds and the curvilinear relationships between external and internal adiposity. *Metabolism* 5 : 346, 1956
2. Beckman EL, Reeves E, Goldman RF : Current concepts and practices applicable to the control of body heat loss in aircrew subjected to water immersion. *Aerospace Med* 37 : 348, 1966
3. Burton AC, Edholm OG : *Man in Cold Environment*. New York and London, Hafner Pub, 1969
4. 최장규, 연동수, 박양생 : 보온장갑 착용이 잠수복 착용 잠수사의 열평형에 미치는 영향. *고신대학 의학부 논문집* 1 : 11, 1985
5. Craig AB Jr : *Heat Exchange between Men and the Water Environment*. *Underwater Physiology* Vol. 4, 1971, pp 425~433
6. Kang DH, Kim PK, Kang BS, Song SH, Hong SK : Energy metabolism and body temperature of the ama. *J Appl Physiol* 20 : 46, 1965
7. Kang DH, Park YS, Park YD, Lee IS, Yeon DS, Lee SH, Hong SY, Rennie DW, Hong SK : Energetics of wet-suit diving in Korean women breath-hold divers. *J Appl Physiol* 54 : 1702, 1983
8. Kang DH, Song SH, Suh CS, Hong SK : Changes in body temperature and basal metabolic rate of the ama. *J Appl Physiol* 18 : 483, 1963
9. Keatinge WR : *Survival in Cold Water*. Oxford and Edinburgh, Blackwell Scientific Pub, 1969
10. Mitchell D, Wyndham CH : Comparison of weighting formulas for calculating mean skin temperature. *J Appl Physiol* 26 : 616, 1969
11. Park YS, Pendergast DR, Rennie DW : Decrease in body insulation with exercise in cold water. *Undersea Biomed Res* 11 : 159, 1984
12. Park YS, Rennie DW, Lee IS, Park YD, Park KS, Kang DH, Suh DJ, Lee SH, Hong SY, Hong SK : Time course of deacclimatization to cold water immersion in Korean women divers. *J Appl Physiol* 54 : 1708, 1983
13. Ramanathan NL : A New weighting system for mean surface temperature of the human body. *J Appl Physiol* 19 : 531, 1964
14. Rennie DW, Covino BG, Howell BJ, Song SH, Kang BS, Hong SK : Physical insulation of Korean diving women. *J Appl Physiol* 17 : 961, 1963
15. Van Someren RNM, Coleshaw SRK, Mincer PJ, Keatinge WR : Restoration of thermoregulation

- tory response to body cooling by cooling hands and feet J Appl Physiol 53 : 1228, 1982
16. Webb P : Thermal Stress in Undersea Activity Underwater Physiology, Vol. V, 1976 pp. 705 ~ 724,
 17. Wolff AH, Coleshaw SRK, Newstead CG, Keatinge WR : Heat exchanges in wet suits. J Appl Physiol 58 : 770, 1985
 18. Yaglou CP, Messer A : The importance of clothing in air conditioning J.A.M.A. 117 : 1261, 1941
 19. 연동수, 최장규, 박양생 : 현대 한국해녀에서 수중운동시 열전도도의 변화. 고신대학 의학부 논문집 1 : 1, 1985
-