

보온장갑 착용이 잠수복 착용 잠수사의 열 평형에 미치는 영향.

고신대학 의학부 생리학교실 및 잠수과학연구소

최장규 · 연동수 · 박양생

The Effect of Wearing Gloves on the Thermal Balance of Korean Women Wet Suit Divers in Cold Water

Jang Kyu Choi, Dong Soo Yeon and Yang Saeng Park

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

= Abstract =

The effect of wearing protective gloves on the thermal exchanges in cold water was studied in 4 Korean women wet suit divers. The subject was immersed in the water of critical temperature (average temperature was 16.5°C) and rested for 3 hours.

The steady-state rectal temperature was lower with gloves (37.01 ± 0.10 (SE)°C) than without gloves (37.31 ± 0.1 °C), the different being statistically significant ($P < 0.05$). On the other hand, the metabolic heat production was 17% higher with gloves (52.63 ± 4.90 (SE)kcal/hr · m²) than without gloves (44.93 ± 2.49). Consequently, the total peripheral insulation was reduced (19%) by wearing gloves. At a given average skin temperature the threshold rectal temperature for shivering was approximately 0.5°C higher without gloves than with gloves.

These results suggest that 1) the total insulation of the wet suited subject is effectively increased by selective cooling of the hand, and 2) the metabolic response to body cooling is sensitively affected by the skin temperature of the distal extremities. The practical implications of these findings are discussed.

I. 서 론

현대 한국 해녀들은 잠수복을 착용함으로써 저체온증에 빠지지 않고 장시간 잠수 작업을 수행하고 있다(Kang 등 1983). 해녀들의 잠수복은 5~6mm neoprene제 바지, 저고리, 버선 및 모자로 구성되며 장갑은 포함되지 않는다. 따라서, 잠수 작업시 손에 대한 한냉 자극은 아직도 상존하고 있는 상태이다.

손은 표면적/체적 비가 인체의 어느 부위보다 크므로(피부 조직이 전체 손 중량의 50%에 해당함, Houdas 및 Ring, 1982) 열 발산이 가장 쉽게 일어날 수 있는 부위이다. 더구나 12°C 이하의 물속에 장시간 노출될 경우 피부 조직은 손상을 받게되며(Van Dilla 등, 1949), 손의 온도가 15.5°C 이하로 떨어지면 근력이 약화되고 반응 시간이 증가하며 tracking proficiency 및 manual dexterity가 저하되어 수중 작업 수행능이 감소되는 것으로 알려져 있다(Provins 및 Clarke, 1960). 이러한 점들을 감안할 때 보온 장갑을 착용할 경우 잠수 작업시 체열 손실을 줄이며 작업 능률을 향상시킬 수 있을 것으로 추측되는데, 현대 해녀들은 해수 온도가 10°C 이하로 내려가는 겨울철에도 보온 장갑을 착용하지 않는 점은 흥미있는 사실이다. 일반적으로 해녀들의 잠수 양상은 장기간의 경험을 통하여 가장 효율적인 방향으로 결정 지어지고 있으므로 보온 장갑을 착용하지 않는 것도 그들의 작업 효율 증대에 유리한 방편인지도 알 수 없다. 최근 Van Someren 등(1982)은 29°C의 물속에 맨몸으로 침수된 피검자에서 손과 발만 선택적으로 차게(12°C)할 때 체온 보존이 더 효과적으로 일어남을 관찰한 바 있다.

따라서, 본 연구에서는 잠수복을 착용하고 찬물에 노출될 때 보온 장갑 착용이 해녀들의 체온 조절 기능에 미치는 영향을 연구하여 평상시 그들이 보온 장갑을 착용하지 않고 잠수 작업에 임하는 이유를 밝히고자 하였다.

II. 방 법

본 연구는 부산시 해운대구 동백섬 지역의 해녀 중에서 무작위로 선정된 4명을 대상으로 시행되었는데 이들은 모두 1977년 부터 잠수복을 착용하기

시작하였으나 보온 장갑은 사용하지 않았다.

1. 침수시 체온, 대사율 및 열 절연도의 측정

본 측정은 각 피검자가 critical water temperature(T_{cw})에서 안정하고 있을 때 시행하였는데, 이때 T_{cw} 는 피검자가 잠수복(5mm foamed neoprene jacket, pants 및 boots)을 착용하고 장갑은 끼지 않은 상태로 수조내에 침수되어 안정하고 있을 때 3시간 동안 떨지 않고 견딜 수 있는 최저 수온으로 규정되었는데, 표 1 에는 4명의 해녀에서 측정된 T_{cw} 를 나타낸다. 장갑을 착용할 때도 착용하지 않을 때와 동일한 수온에 침수시킴으로써 체온, 대사율 및 열 절연도를 상호 비교하였다. 침수중 수조 내의 물은 끊임없이 유동되었으며 수온은 0.1°C 내로 조절되었다. 피검자의 산소 소모량(9-liter Collins spirometer)은 30분 간격으로, 그리고, 직장 온도 및 피부 온도는 thermister probe 및 telethermometer (Yellow Spring Instrument Co. Model 46) 10분 간격으로 측정되었다. 평균 피부 온도(T_s)는 가슴(T_c , left sternal border), 다리(T_l , gastrocnemius muscle 위), 팔(T_a , Triceps muscle 위) 및 손등(T_h)에서 측정된 피부 온도를 근거로 다음과 같이 산출하였다.

$$T_s = 0.50T_c + 0.36T_l + 0.09T_a + 0.05T_h$$

단, 장갑을 끼지 않을 때 T_h 는 수온과 같은 것으로 간주하였다. 실험 중 shivering의 유무는 피검자를 관찰함으로써, 또 산소 소모량의 변화를 통하여 판정하였다.

각 피검자의 총 외각 절연도(I_{TOTAL})는 체온, 수온 및 산소 소모량 측정치로부터 다음과 같이 산출되었다.

$$I_{TOTAL} = (T_R - T_w) / \dot{H}_s$$

단, T_R : 직장 온도, T_w : 수온, $\dot{H}_s$: 피부를 통한 열 손실($\text{kcal/hr} \cdot \text{m}^2$).

$\dot{H}_s$ 는 대사율($\dot{M} = 4.83\dot{V}O_2$)과 호흡기를 통한 열 손실($0.08\dot{M}$)의 차로 규정하였는데 직장 온도가 변할 때는 체열 함량의 변화($\Delta S = \Delta T_R \times 0.6 \times 0.83 \times \text{체중}$)을 보정한 후 산출하였다(즉, $\dot{H}_s = 0.92\dot{M} \pm \Delta S$). 모든 계산은 피검자가 거의 열 평형 상태(thermal steady state)에 있을때의 측정치를 이용

Table 1. Physical Characteristics and Critical Water Temperature of Subjects

DIVER NO	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA ^a (m ²)	T _{cw} ^b (°C)
1	41	167	52.5	1.57	19.5
2	31	152	52.0	1.46	16.8
3	36	156	53.0	1.49	15.5
4	38	155	53.6	1.52	14.0
Mean	36.5	157.5	52.8	1.51	16.5
SE	±2.1	±3.3	±0.3	±0.02	±1.2

a: Body surface area

b: Critical water temperature with wet suits no gloves on.

하여 시행하였는데 열평형 상태는 보통 침수후 1.5시간 이후에 이루어졌다.

III. 결 과

그림 1은 4명의 잠수복 착용 해녀에서 잠수 장갑을 착용할 때(실선)와 착용하지 않을 때(점선) 측정된 직장온도(T_R)와 대사율($\dot{M}$)의 평균치($\pm$ SE)를 침수시간에 따라 나타낸 것이다. 각 피검자에 대해서 수온은 장갑을 착용 할 때나 착용하지 않을 때나 동일하게 조절되었는데(즉 장갑 착용없이 측정된 critical water temperature) 네 피검자의 평균 수온은 $16.5 \pm 1.2^\circ\text{C}$ (SE) 였다. 그림 1의 상단에서 보는 바와 같이 직장온도는 장갑착용 여부에 관계없이 처음 1시간 반 침수 기간 중에는 비교적 빠른 속도로(약 0.53°C/hr) 하강하였으나 그 후에는 극히 서서히(평균 0.04°C/hr) 감소하여 체열 함량의 변화(S)가 극히 미미하였다($0.7\text{kcal/hr} \cdot \text{m}^2$ 이하).

그러나 대사율의 변화는 장갑착용에 따라 크게 달라졌다. 장갑을 착용하지 않을 경우 침수 후 30분 간은 대사율이 침수전과 유사하게 약 50kcal/hr m^2 로 유지되었으나 1시간 후에는 $42\text{kcal/hr} \cdot \text{m}^2$ 로 유의있게 하강한 후 침수 종료시까지 그대로 유지되었다. 반면에 장갑착용 시에는 침수중 대사율의 변화가 거의 없거나 피검자에 따라서는 침수 2시간 이후에 20% 이상 증가하여 shivering이 일어남을 보여 주었다.

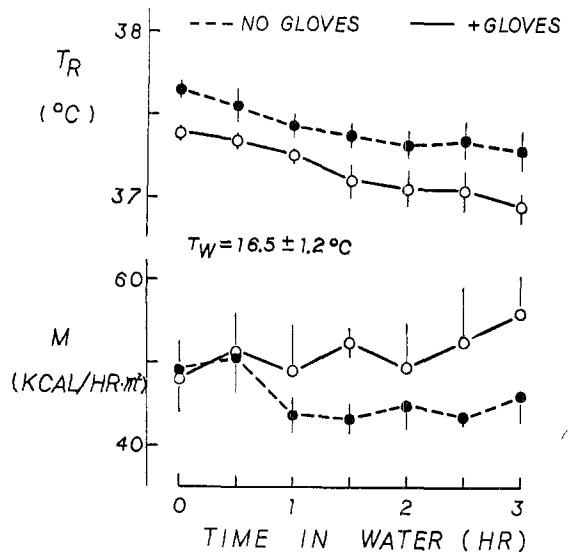


Fig. 1. The average course of rectal temperature, T_R (top) and metabolic rate, $\dot{M}$ (bottom) of 4 wet-suited divers during immersion with and without gloves on. Each diver was immersed at her own critical water temperature determined without gloves on. The average water temperature for 4 divers was $16.5 \pm 1.2^\circ\text{C}$ (SE). Vertical bars represent $\pm$ SE.

그림 2는 장갑 착용시(실선)와 비착용시(점선)에 가슴, 아랫다리, 손 등에서 측정된 피부 온도와 평균 피부 온도의 변화를 나타낸다. 양자의 경우 모두 가슴 온도는 침수전 약 33.5°C에서 침수후 30분만에 30°C로 3.5°C 정도 하강했으며 1시간 침수후에는 평정상태(steady-state)에 도달하여 약 31°C 전후로 유지되었다. 그러나 다리 표면의 온도는 침수전 약 32°C로 부터 3시간 침수기간 동안 지수 함수적으로 감소했는데, 흥미롭게도 그 감소율은 장갑착용 시가 비착용시 보다 컸다. 따라서 침수 종료시의 다리 표면온도는 전자($23.7 \pm 0.57^\circ\text{C}$)가 후자($25.9 \pm 0.39^\circ\text{C}$)보다 2°C 가량 낮았다. 장갑 착용시 손등의 온도 역시 약 32°C로 부터 지수 함수적으로 감소 되었으나 그 감소율은 다리에서 보다 월등히 커서 침수 종료시에는 약 20°C 까지 하강하여 수온($16.5 \pm 1.2^\circ\text{C}$)보다 평균 4°C 정도밖

에 높지 않았다. 장갑을 착용하지 않을 경우 침수 중 손의 온도는 아마도 수온과 대차가 없을 것이다. 따라서 장갑 착용시에 비해 침수 직후에는 15°C 낮았으나 그 차가 점차 감소하여 3시간 후에는 4°C 정도 낮았다고 할 수 있는데, 전 침수기간 동안을 평균해 볼 때 8°C 가량 낮은 것으로 산출 되었다. 그러나 가슴, 다리 및 손의 온도가 대표하는 체표면적을 고려하여 산출된 평균 피부온도는 장갑 착용시가 비착용시보다 다소 낮은 경향이 있었으나 통계학적으로는 의의가 없었다.

그림 3은 각 피검자에서 장갑 착용시와 비착용시 측정된 직장온도(T_R), 대사율($\dot{M}$) 및 총 외각절연도(I_{TOTAL})를 비교한 것인데, 각 수치는 침수후 2~3시간 사이의 평균 측정치를 나타낸다. 4명의 해녀에서 모두 직장온도는 장갑 착용시가 비착용 시보다 낮았다(평균 $0.303 \pm 0.017^\circ\text{C}$, $p < 0.05$). 반면에 대사율은 대부분의(4명 중 3명) 해녀에서 장갑 착용으로 높아져서, 평균 대사율은 장갑 착용시($52.63 \pm 4.90 \text{ kcal/hr} \cdot \text{m}^2$)가 비착용시(44.93 ± 2.49)보다 17% 정도 높았다. 따라서 대부분의 해녀에서 산출된 총 외각절연도($I_{TOTAL} = (T_R - T_W) / (0.92\dot{M} \pm S)$)는 장갑을 착용함으로써 낮아졌다(장갑 착용시와 비 착용시의 평균치는 각기 0.420 ± 0.026 및 $0.499 \pm 0.039^\circ\text{C} / (\text{kcal/hr} \cdot \text{m}^2)$ 였음).

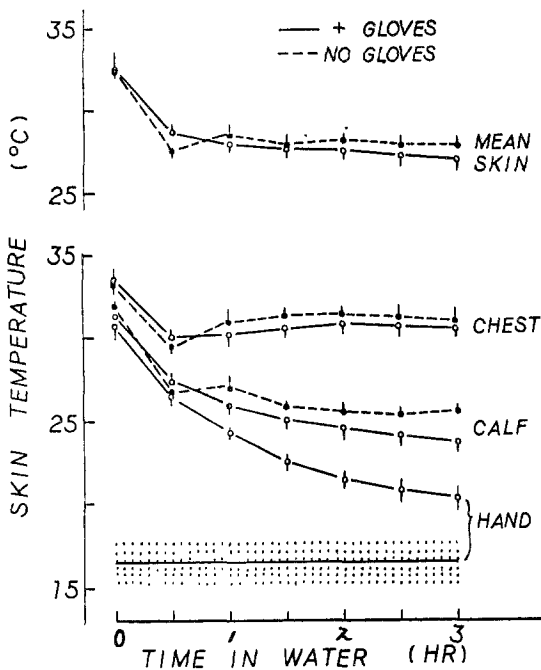


Fig. 2. The average course of the mean skin temperature(top)and the skin temperature at chest, calf, and backhand(bottom)of 4 wet-suited divers during immersin with and without gloves on. Vertical bars represent $\pm$ SE.

VI. 고 찰

한냉 환경에서 체온 보존을 위한 인체의 생리학적 반응은 먼저 체 절연도를 증가시켜 체열 손실을 감소시키는 것이며(physical regulation), 만일 절연도 증가 만으로 체온 유지가 불가능 할 때는 shivering을 통한 열 생산의 증가(chemical regulation) 형태로 나타난다. 체 절연도의 증가는 말초조직의 혈류량을 감소시킴으로서 이루어 지는데, 혈류량 감소는 피부나 피하지방층 등 피하조직에서 뿐만 아니라 근육층에서도 일어난다(Burton 및 Edholm, 1969). Veicsteinas 등(1982)이 맨몸으로 침수된 피검자의 대퇴부(thigh)에서 측정된 바에 의하면 피부와 지방층의 절연도는 체표온도가 32°C 까지 떨어질 때 까지는 점차 증가하지만 그 이하의 온도에서는 더 이상 증가하지 않아 피부온도 32°C 이하에

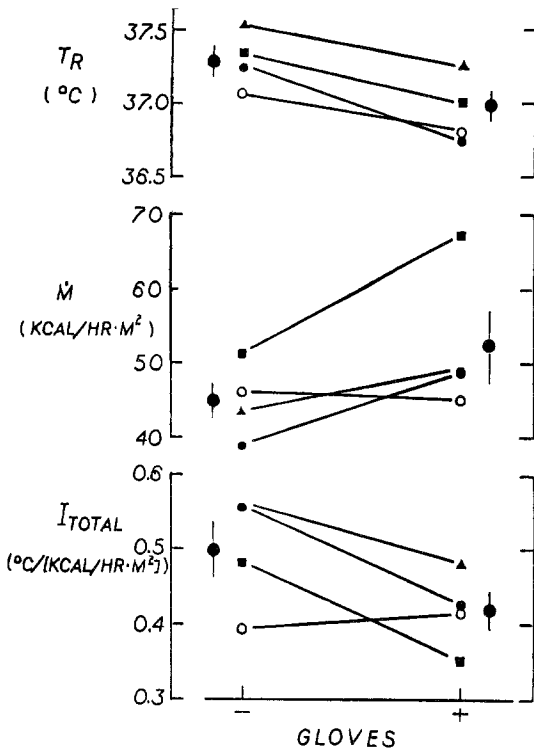


Fig. 3. Comparison of the steady-state temperature, T_R (top), metabolic rate, $\dot{M}$ (middle) and total peripheral insulation, I_{TOTAL} (bottom) in 4 wet-suited divers during the third hour of immersion with and without gloves on.

서는 피하조직의 혈류량이 최소로 유지됨을 나타내었다. 피하조직 절연도의 이러한 증가는 아마도 체표면 전체에서 일어날 것이며 그로 인하여 국소 조직의 열 전도율은 감소될 것이다. 그러나 피하조직 자체의 절연도 조절은 몸 전체의 절연도 조절에 중요한 기전이 되지 못한다. 이보다는 사지를 따라 종적으로 조절되는 절연도가 체심부와 체표 간의 열 이동에 주된 영향을 미친다. 사지는 체간에 비해 표면적/체적 비가 월등히 크며, 사지의 counter-current 열 교환기전은 혈액 순환이 느릴수록 그 효율이 증대되므로(Bazett 등, 1948) 한냉환경에서 사지를 통한 혈류량 감소는 체온 보존을 위한 'physical regulation'의 가장 중요한 요소가 된다(Burton 및 Edholm, 1969; Haudas 및 Ring, 1982).

사지의 혈류량 조절은 잠수복 착용 시에 더욱 중요하게 된다. 사지 표면은 체간 표면보다 곡면 반경(radius of curvature)이 작으므로 같은 두께의 절연체로 그 표면을 덮더라도 절연 효과는 체간에서 보다 작다. 절연체의 효율이 곡면 반경에 따라 변화됨은 Van Dilla(1944)에 의한 옷의 절연도 연구 및 Burton(1944)에 의한 체표면 공기 층의 절연도 연구에서 잘 밝혀진 바 있다. 절연체가 평면인 물체 표면을 덮고 있을 때는 절연체를 통하여 열이 평행선 적으로 이동함으로 열 이동 단면적은 절연체의 전 두께를 통해서 일정하다. 그러나 표면이 곡면인 물체를 덮고 있는 절연체를 통하여 열이 이동할 때는 열 이동 단면적이 물체표면에서 멀어질수록 증가된다. 따라서 절연체의 실질적인 절연도는 평면 상태보다 곡면상태로 있을 때 적어지는데, 곡면에서의 열 이동은 다음과 같이 표시된다(Burton 및 Edholm, 1969):

$$H = \Delta T / (f \cdot I)$$

이 때 f 를 'curvature factor'라 하는데, 그 값은 1보다 작다. 표면이 원통형일 경우 f 는 절연체의 곡면반경(r)과 두께(x)에 따라 다음과 같이 결정된다.

$$f = \ln r(1+x/r)$$

즉 두께가 일정할 때 곡면반경이 작을수록 f 값이 작아진다. 곡면반경이 감소하면 열발산이 일어나는 절연체 표면적이 상대적으로 증가함으로 물체의 단위 표면적당 열 손실량은 증가하게 된다. 따라서 잠수복을 착용한 잠수사가 찬물 속에 침수되어 안정하고 있을 때 곡면효과가 큰 사지로의 혈류량 조절은 전체 외각 절연도 조절에 지대한 영향을 미칠 것이다.

본 연구에서 피검자가 잠수복을 착용하고 16.5°C 물 속에 침수되어 있을 때 잠수 장갑을 꼈 때 보다 끼지 않을 때가 대사량은 낮은데도 불구하고 직장 온도는 오히려 높게 유지되었다(그림 1 및 그림 3 참조). Steady-state 때(즉, 체온 변화가 없을 때) 직장온도(T_R), 대사율($\dot{M}$), 외각 절연도(I_{TOTAL})간에는 다음과 같은 관계가 성립되어야 한다.

$$(T_R - T_W) = 0.92 \dot{M} \times I_{TOTAL}$$

따라서 장갑 착용시와 비 착용시 수온(T_W)이 동일 하였음에도 불구하고 상기와 같은 결과가 초래된 것은 장갑 착용으로 총 외각절연도가 오히려 감소되었음을 의미한다. 장갑 착용으로 절연도가 감소된다는 것은 일견 모순된 현상인것 같지만 전술한 바와 같이 몸 전체의 외각 절연도는 말초조직의 국소 절연도 자체가 아니라 사지의 순환량에 따라 종적으로 조절되는 절연도에 의해 주로 결정됨을 상기할 때 극히 생리학적인 반응인 것으로 생각된다. 즉 장갑 착용에 따른 국소 절연도의 증가는 손 표면의 온도를 비교적 높게 유지시키지만 동시에 손을 통한 혈액순환을 증가시켜 전체 외각 절연도를 감소시킬 것이다. 본 연구에서 손의 혈류량을 직접 측정하지는 않았으나 손 표면의 온도가 장갑 착용시가 비 착용시보다 높게 유지된 것으로 보아(그림 2) 후자보다 전자의 경우 혈액순환량이 많았음을 쉽게 추측할 수 있다. 수족과 같은 말초조직의 혈류량은 피부 온도가 낮을 때 심하게 감소되는데, 이는 혈관수축성 교감신경의 작용이 항진될 뿐만 아니라 온도 저하에 따른 혈액의 점성도 증가 및 저온에 의한 말초혈관의 직접적인 수축에 의하여 나타난다(Keatinge, 1969; Burton 및 Edholm, 1969). 따라서 본 연구에서도 장갑을 착용하지 않았을 때 손의 혈류량은 침수 직후 급격히 감소했을 것이나 장갑 착용시에는 그렇지 못했을 것이다. 손의 혈류량 변화는 외각 절연도에 반영될 것인데, 그림 4는 장갑 착용시와 비 착용시 손의 온도에 따른 외각 절연도의 변화를 나타낸다.

전체적으로 볼 때 총 외각 절연도(I_{TOTAL})의 크기는 장갑 착용 여부에 관계없이 손 온도에 반비례하였다. 장갑 착용시 손 온도가 1시간 침수 후 25°C에서 3시간 침수 후 20.7°C로 감소됨에 따라 I_{TOTAL} 은 약 0.41에서 0.44°C/(kcal/hr·m²)로 증가하였다. 장갑을 착용하지 않았을 때는 이보다 월등히 높은 절연도를 나타내어 침수 1시간 후에 I_{TOTAL} 이 이미 0.47°C/(kcal/hr·m²)에 달했다.

장갑 착용이 손 이외의 타 부위의 절연도에는 영향을 미치지 않은 것 같다. 표 2는 가슴과 다리의 상대적 절연도를 장갑착용 시와 비 착용 시간에 비

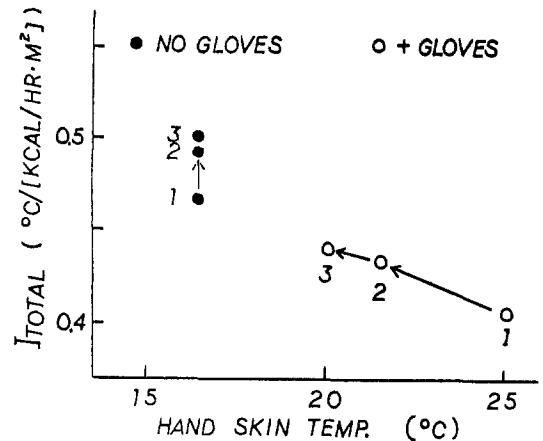


Fig. 4. The total peripheral insulation(I_{TOTAL}) of wet-suited divers as a function of the hand skin temperature. Values represent mean of 4 divers at the end of the first(1), second(2) and third(3) hour of immersion with and without gloves on.

교한 것인데, 상대적 절연도는 다음과 같이 추산하였다. 즉, 국소 조직을 통한 체열 손실은 먼저 체심부로 부터 그 부위의 피부로 열이 이동된 후 피부를 덮고 있는 절연체(즉 잠수복)를 통해서 외계로 일어난다. Steady-state 시 심부로부터 피부 표면에까지 이동되는 열량(H)은 피부 표면으로 부터 외계로 이동되는 열량(H')과 같으므로 다음과 같은 관계가 성립된다:

$$H = H'$$

$$(T_R - T_S) / I_{TISSUE} = (T_S - T_W) / I_{SUIT}$$

$$(T_R - T_S) / (T_S - T_W) = I_{TISSUE} / I_{SUIT}$$

국소의 잠수복 자체의 절연도는 일정할 것이므로 $(T_R - T_S) / (T_S - T_W)$ 비의 변화는 국소 조직의 절연도에 대한 생리학적 조절을 나타낼 것이다. 표 2에서 보는 바와 같이 가슴과 다리에서 산출된 I_{TISSUE} / I_{SUIT} 비는 장갑 착용시와 비 착용 시간에 큰 차가 없었으며 다리의 경우 오히려 장갑 착용시에 다소 높은 경향을 보였다. 따라서 장갑 착용에 의한 전체 외각 절연도 감소는 손에 국한되었음을 알 수 있다.

체온 저하에 따른 열 생산기전의 반응은 장갑착

Table 2. Tissue-to-suit insulation ratio(I_{TISSUE}/I_{SUIT})^a at chest, calf and hand

	With Gloves	Without Gloves	$\frac{I_{TISSUE} \text{ with gloves}}{I_{TISSUE} \text{ without gloves}}$
	(A)	(B)	(A/B)
Chest	0.439±0.042	0.411±0.045	1.07
Calf	1.692±0.108	1.336±0.107	1.27
Hand	4.035±0.721		

a: Estimated from $(T_R - T_S)/(T_S - T_W)$ ratio. Each value represents the mean±SE of 4 divers.

Thickness of neoprene wet suit was 5mm and that of neoprene gloves was 3mm.

용 시보다 비 착용시에 월등히 예민해지는 것으로 나타났다. 그림 5는 T_{CW} 에 침수 중 steady-state 시 평균 피부온도(T_S)와 직장온도(T_R) 간의 상관성을 나타내는데, 장갑 착용시의 성적은 shivering이 일어나기 직전에 측정된 값을 나타낸다. 비교의 목적으로 수영복 착용시의 성적도 포함 시켰는데, 어느 경우에도 T_S 가 낮아짐에 따라 threshold T_R 이 높아져 양자간에 역상관성을 보였는데 이러한 관계는 Benzinger 등(1961)에 의하여 보고된 이래 널리 알려진 사실이다. 그런데 흥미롭게도 수영복 착용시와 잠수복과 잠수 장갑 착용시의 T_S 와 T_R 관계는 많은 수의 비 해너에서 측정된 상관성(도표에서 그늘진 부분)과 동일한 변화 양상을 보였는데 반해 잠수복 착용시 장갑을 끼지 않아 손만이 냉각 될 경우 그 관계는 일반적인 양상과는 판이하게 달라져서 동일한 T_S 에서 비교할 때 threshold T_R 이 유의있게 높았다. 이러한 사실은 피부 전체에 대한 평균 한냉자극 정도가 같더라도 손이 잘 때는 차지 않을 때보다 체온 조절 중추의 열 생산 촉진 기능이 항진되어 심부 체온이 비교적 높을 때 shivering이 유발될 수 있음을 의미한다. 이와 유사한 사실을 최근 Van Someren 등 (1982)은 29°C의 물속에 맨몸으로 침수된 피검자(아마추어 잠수사 및 일반인)에서 관찰한 바 있는데 침수 중 피검자의 손과 발만을 선택적으로 12°C 물속에 노출 시킬 때 shivering이 유발되었다. 이 때 체 절연도는 특히 잠수사의 경우 증가되었는데, 이러한 결과는 본 연구에서 관찰한 바와 정성적으로 차이가 없다.

종합적으로 볼 때 해너에서 잠수복 착용시 장갑

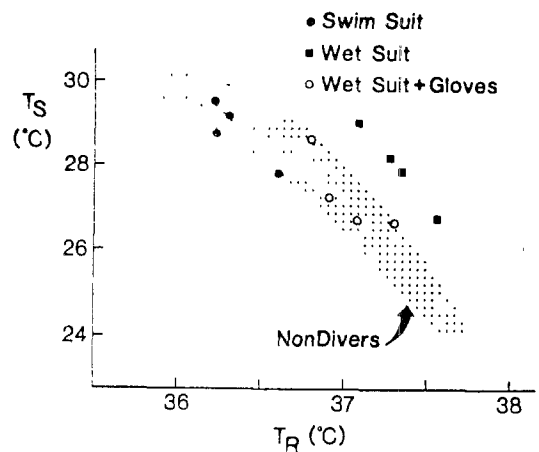


Fig. 5. The relationship between the skin temperature(T_S) and the rectal temperature(T_R) at the shivering threshold in 4 divers with swim-suits, wet-suits or wet-suits and gloves on. The stippled area represents the T_S - T_R relationship in non-diving women (data from Park, et. al., 1983)

을 끼지 않으면 16°C 내외의 찬물속에 침수될 때 손의 절연도를 효과적으로 증가시켜 체열 발산이 일어나는 체표면적을 감소 시키므로 전체 외각 절연도를 높일 수 있고 따라서 대사작용을 낮게 유지 하면서도 체온 보존이 가능하게 된다. 그러나 수온이 아주 낮을 때는 저온에 의하여 손의 혈류량이 오히려 주기적으로 증가되므로 (cold vasodilation) 장갑을 착용하지 않는 것이 과연 체온 보존에 유리할 지는 알 수 없다. 더구나 운동 시에는 사지의

혈류량이 어차피 높게 유지되므로 장갑 착용의 효과는 안정시와는 다를 것이다. 이러한 문제는 앞으로 계속 추구해야 될 것으로 사료되지만 마지막으로 강조하고 싶은 것은 어떠한 이유에서든지 잠수복 착용 잠수사가 16℃ 내외의 물속에 움직이지 않고 장시간 침수되어 있어야 할 경우에 효과적인 체열 보존을 위해서는 장갑을 벗는 것이 유리하며, 보조 가열수단 등을 써서 손 온도를 높게 유지시킬 경우 체온 조절 중추의 발열 반응이 억제되어 저체온증에 빠질 위험성이 있다고 하겠다.

참고문헌

1. Bazett HC, Love L, Newton M, Einsenberg L, Day R, Forster R: Temperature changes in blood flowing in arteries and veins in men. *J Appl Physiol* 1:3, 1948
2. Benzinger TH, Pratt AW, Kitzinger C: Thermostatic control of human metabolic heat production. *Proc Natn Acad Sci U. S. A.* 47:730, 1961
3. Burton AC: The effect of curvature on the heat loss from the body with special reference to handgear. *Nat Res Council Canada Report No. C. 2725*, 1944
4. Burton AC, Edholm OG: *Man in Cold Environment*. New York and London, Hafner Pub. Co., 1969
5. Houdas Y, Ring EF: *Human Body Temperature*. New York and London, Plenum Press, 1982.
6. Kang DH, Park YS, Park YD, Lee IS, Yeon DS, Hong SY, Rennie DW, Hong SK: Energetics of wet suit diving in Korean women breath-hold divers. *J Appl Physiol* 54:1702, 1983
7. Keatinge WR: *Survival in cold water*. Oxford and Edinburgh, Blackwell Scientific Pub., 1969
8. Park YS, Rennie DW, Lee YS, Park YD, Paik 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
9. Provins KA, Clarke RSJ: The effect of cold on manual performance. *J Occup Med* 2:169, 1960
10. Van Dilla M: Effect of curvature on heat loss. *Climatic Research Laboratories, U. S. Quartermaster Corps. Report No. 76A*, 1944
11. Van Someron RNM, Coleshaw SRK, Mincer PJ, Keatinge WR: Restoration of thermoregulatory response to body cooling by cooling hands and feet. *J Appl Physiol* 53:1228, 1982
12. Van Dilla M, Day R, Siple PA: Special problems of hands. In: *Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing*. Newburgh, LH ed., Philadelphia, W. B. Saunders, 1949, pp. 374~387