老人의 寒冷環境에서의 體溫調節相에 關한 實驗的硏究*

— 特히 物理的調節相에 關하여 —

延世大學校 醫科大學 生理學 및 內科學敎室

<指導 李炳熙 李輔英 洪碏基 敎授>

李 大 淵

=Abstract=

Thermoregulation of the Aged People in Cold, with Special Reference to Physical Insulation

Dae Yon Lee, M. D.

Department of Physiology and Internal Medicine
Yonsei University College of Medicine

(Directed by Drs. P.H. Lee and S.K. Hong of Department of Physiology, and Dr. P.Y. Lee of Department of Internal Medicine)

It has been suggested by Krag and Kountz (1950), Horvath et al. (1955) and Spurr et al. (1955) that the mechanism for prevention of heat loss is less efficient in the aged than in the young. In addition, they observed that peripheral vasoconstriction occurred more rapidly and more intensively in the aged people in response to the cold stimulus.

Although it is not clear on the basis of these reports whether the physical insulation of the aged people in cold would be different from the younger, it is evident that the vascular reactivity in response to cold seems to be altered in the aged people. Hence this investigation was undertaken to investigate the physical insulation of the aged people in a systemic manner by water immersion method which has been successfully applied to the Eskimos and Korean diving women by Rennie et al.

Methods

Prior to the onset of the experiments, a careful physical examination was given to all volunteers and those with findings suggestive of any cardiopulmonary diseases were excluded. The subjects consisted of healthy Korean men and women over 60 years old and about 30 years old as control group. The number of old subjects was 17 men and 17 women, while that of young subjects was 11 men and 21 women.

The subcutaneous fat was determined by measuring skinfold thickness at 10 representative body areas with a Best caliper. 40mm was substracted from the total to allow for skin thickness and the remainder divided by 20 to determine mean subcutaneous fat thickness. Percent body fat was estimated from the relationship between skinfold thickness and adiposity described by Allen et al. The

*本 論文의 要旨는 1962年 第14回 大韓生理學會 學術大會에서 發表하였음.

mean subcutaneous fat thickness and percent body fat were not statistically significant between males and females in old subjects. However, young females were significantly greater than young males($P<0.01$).

To insure a uniform degree of cold exposure in all experiments, the subjects were immersed in a constant temperature water bath consisting of an 84×30×28 in. plywood box. Water was stirred by two centrifugal pumps, each delivering 20 liters/min. One of these was directed so as to pump from head to feet; the other pumped from feet to head. 1,000 watt heating elements, actuated by a mercury switch, extended the length of the bath 6 in. from the bottom. By means of a variable thermostat (Yellow Springs Insturument Co.) water temperature could be regulated to within 0.01°C at any arbitrarily selected temperature above that of room air.

The subjects were clothed in cotton swim suits and immersed supine on the plastic mesh with only their faces above the water. Rectal temperatures were measured to within 0.01°C with a thermistor calibrated over the range 35 -40°C. Oxgen consumption was measured for 6 out of every 30 min. with a Collins spirometer. The subjects remained immersed for 3 hours in water at a constant temperature for each experiment. The bath temperature chosen for each experiment varied between 28~33°C.

Tissue insulation (I) was computed from the formula I=(rectal temp.-bath temp.)/rate of skin heat loss, using measurements obtained during the steady state conditions of the 3 rd hour of immersion. Skin heat loss was assumed to equal metabolic rate minus respiratory heat loss (8% of metaboilc rate). In those instances where rectal temperature continued to decline, the net loss of body heat(o.83×rectal temp.×0.6×body wt.) was added to metabolic rate in estimating skin heat loss.

Results and discussion

Thermal and metabolic responses were studied in the aged subjects while they were immersed in water of 28~33°C for a period of 3 hours. In addition, the values of maximal tissue insulation was compared during the third hour of immersion at the critical water temperature.

Results obtained in this study may be summarized as follows:

(1) The critical water temperature was within the range of 28~33°C and there was no difference between males and females in the aged subjects. However, in the young subjects, the critical water temperature was 1-2°C lower in the females than in the males even when a comparison was made at a similar subcutaneous fat thickness. Thus the water temperature at which 50% of subjects shivered was 29.9°C in young females in contrast to 31.1°C in males. In the older subjects, the corresponding value was 31.2°C for both males and females. From these results, it is evident that the elevated shivering threshold as seen in young females is no longer in existence in the older females. However, why the shivering threshold is so elevated in the younger females alone is not known at present. It can be only said that it is not entirely due to the difference in subcutaneous fat thickness.

(2) The final rectal temperature at a given water temperature is lower in the aged than in the younger. This was particularly so in the older males and older females. When the final rectal temperatures of both young and old subjects at 31°C water were plotted as a function of the mean subcutaneous fat thickness, it was evident that the final rectal temperature were higher in fatter subjects regardless of their ages. In other words, one would not expect to find any difference between the young and the old sujects in the level of final rectal temperature if a comparison were made at a comparable subcutaneous fat thickness.

(3) Despite the difference in the level of final rectal temperature between younger subjects and older subjects, the skin heat loss was not significantly different between them. Hence the mean insulation value was significantly greater in the females as compared to the males ($P<0.05$). However, this

difference was not observed when individual insulation values were plotted against the mean subcutaneous fat thickness, indicating that the difference in the insulation values between two groups is entirely due to the difference in the subcutaneous fat thickness.

(4) Critical water temperature and maximal tissue insulation obtained in this study were compared to other data reported from the available literatures. It suggested that the Korean has an ability to tolerate greater body cooling than those of Americans, Caucasians, Athapascan Indians or Eskimos, which might be taken as evidence for the racial difference in physical regulation of temperature.

(5) The results obtained in the present investigation do not support the earlier contention that the maximal insulation in cold is perhaps greater in the aged. It can be concluded that there is no difference in maximal tissue insulation between the aged and the young man provided a due consideration is given to the difference in subcutaneous fat thickness of each individual.

Ⅰ. 緖　　論

正常的인 諸身體機能을 營爲함에 있어 體溫이 一定하게 維持되어야 하며 그러기 爲하여서는 體熱生產量과 體熱消失量이 同一하여야 할 것이다. 體熱은 新陳代謝過程의 여러 化學反應에 依하여 生產되는 것임으로 體溫調節을 爲한 體熱生產過程을 體溫의 化學的調節이라고 한다. 그러나 體熱消失은 物理的過程에 依하여 이루어 지므로 이것을 體溫의 物理的調節이라고 稱하고 있다. 그런고로 體溫의 維持는 化學的 및 物理的諸機轉에 依하여 右左되는 것이라 하겠다.

寒冷環境에서는 體熱消失이 促進될 것임으로 體熱生產量을 增加시켜야만 體溫이 維持될 것이다. 따라서 寒冷에 露出되었을때 初期反應으로서 體熱生產量이 增加하는 것은 體熱調節上 가장 重要한 要因의 하나라고 하겠다. 이 反應은 人間에서 3°C의 環境에서는 2分 以內에 또 10°C의 環境에서는 7分 以內에 發生한다고 하며 露出期間中 間歇的으로 나타난다고 한다(Horvath et al., 1956; Spurr et al., 1957). Hardy 및 DuBois(1937)는 20°C 乃至 22°C의 熱量計(calorimeter)속에서 裸體로 安靜하였을때에는 1時間 乃至 3時間 동안은 體熱生產의 增加를 볼 수 없었다고 한다.

그러나 大體로 寒冷에 適應되지 않은 男女를 26°C 乃至 28°C 以下의 環境에 長時間 동안 露出시켰을 때에는 窮極的으로 多少의 體熱生產量의 增加를 認定할 수는 있다고 하며(Hardy 및 DuBois, 1940; Hardy et al., 1941) 이러한 環境溫度를 Enger(1957)은 臨界溫度(critical temperature) 라고 定義하였다.

이와같은 寒冷露出時의 體熱生產反應 및 安靜時의 體熱生產量은 여러가지 條件에 依하여 左右되나 그 中에서도 寒冷에 適應되었을 때에는 顯著히 增加한다고 한다. 即 Scholander等(1958a)은 Norway의 山頂에서 夏服차림으로 6週間 起居하는 8名의 被檢者에 對하여 夜間의 氣溫이 0°C 乃至 5°C까지 下降하였을 때 被檢者를 裸體로 한장의 毛布寢囊속에서 睡眠케 하면서 그때의 體熱生產量 및 各部位의 皮膚溫度를 測定하였던 바 實驗初期에는 身體末梢部 特히 手足部의 皮膚溫度가 낮았을 뿐 아니라 추위 때문에 睡眠을 이루지 못하였으나 1週後 부터는 戰慄(shivering)로 因한 體熱生產量이 顯著히 增加하였으며 그結果 身體末梢部의 皮膚溫度가 높아졌고 同時에 熟眠을 하게 되었다고 報告한 바 있다. 이와같은 觀察을 土臺로 하여 이들은 寒冷에 對한 代謝性適應(metabolic acclimation)이 일어난다고 主唱하기에 이르렀다. 最近 Kang等 (1963)은 韓國海女에서는 基礎新陳代謝量이 季節的으로 달라 冬節에는 夏節에 比하여 約 35% 높음을 觀察함으로써 사람에서도 寒冷適應時에 基礎新陳代謝率이 增加함을 最初로 明白히 證明하기에 이르렀다. 한便 Davis(1961)는 3月과 9月 2回에 걸쳐 被檢者를 氣溫이 各各 11.8°C와 13.5°C의 房에 裸體로 1日 8時間씩 31日間에 걸쳐서 露出시키면서 戰慄의 程度, 酸素消費量, 皮膚 및 直腸溫度의 變化를 觀察하였는데 實驗 第14日에 이르러 戰慄이 顯著히 減少되었는데도 不拘하고 體熱生產量은 繼續해서 높았다고 하며 이는 寒冷適應現象의 하나로 所謂 非戰慄性體熱生產(non-shivering thermogenesis) 現象이 일어났음을 立證하는 것이라고 指摘하였다.

上記한 바와 같이 體溫調節에 있어 體熱生產過程과 同一한 重要性을 가진것은 體熱消失過程이다. 따라서 寒冷環境에서는 體熱生產量을 增加시키는 反應外에 可能한 限 體熱消失量을 抑制하도록 하여야 할 것이다. 이와같은 目的을 爲하여서는 體表血管의 最大收縮을 일으킴으로써 體表의 熱傳導度를 最大限으로 減少시켜 體表로 부터의 物理的 體熱消失을 防止하여야 할 것이다. 이와같은 體表의 熱傳導度 亦是 여러가지 條件에 依하여 左右된다고 하며 特히 寒冷에 適應된 때에는 熱傳導度의 減少(即 熱絕緣度의 增加)를 招來한다고 한다. 即

Scholander 等(1958 b) 및 Hammell等(1959)의 濠洲土人의 體溫調節相에 對한 硏究에 依하면 이들은 裸體로 生活하며 冬節에 氷點 以下의 氣溫下에서도 들불(camp fire) 옆에서 한장의 毛布寢囊속에서 熟眠하는데 이때 皮膚 및 直腸溫度와 酸素消費量을 30分마다 測定하였던 바 直腸溫度는 約 2°C 下降하였으며 또 足部溫度는 12°C 乃至 15°C로 下降하였으나 酸素消費量은 增加하지 않았다고 한다. 이 反面에 對照群인 白人에서는 足部溫度가 12°C 乃至 17°C 程度로 下降하였음에도 不拘하고 激甚한 戰慄로 因하여 酸素消費量이 몹시 增加하였으며 睡眠을 이룰 수가 없었다고 한다. 이때 兩群에서 體表의 熱傳導度를 算出한 바 濠洲土人에서 얻은 値는 白人値에 比하여 意義있게 낮았다. 即 이와 같은 濠洲土人의 寒冷에 對한 適應現象은 前述한 代謝性適應과는 判異하며 北極地方의 動物과 鳥類(Irving 및 Krog, 1954; Scholander 및 Krog 1957)에서 보는 바와 같은 物理的 體溫調節機能의 適應인 것이다.

最近에 Rennie等 (1962 b)은 少數의 韓國海女, 韓國靑年男女間의 體表의 最大 熱絕緣度値를 同一條件下에서 硏究한 바 있다. 即 戰慄이 일어나지 않을 程度로 찬水槽에 顔面部를 除外한 全身을 浸水시킴으로써 最大體表血管收縮을 일으키게 하였으며 이때의 體表의 熱絕緣度値를 算出하였던 바 韓國人은 美國人에 比해서 同一한 두께의 皮下脂肪層을 가진 被檢者에서도 體表의 最大熱絕緣度値가 意義있게 높음을 觀察할 수 있었다. 그러나 海女와 非海女와를 比較하여 볼 때에 夏節에는 別差異를 認定할 수가 없었으나 同一한 實驗을 冬節에 反復하였던 바 이때에는 海女의 體表의 熱絕緣度가 非海女에 比하여 높아 졌다고 하며(Hong, 1963) 亦是 寒冷에 適應됨으로써 物理的體溫調節相에도 變化가 옴을 證明하였다.

上述한 바와 같이 人體의 物理的體溫調節相에 對해서는 近來에 이르러 많은 硏究가 이루어 졌고 어느 程度 그 樣相이 明確해 졌으나 身體機能의 低下 乃至 退行을 招來하는 老人에서는(Brandfonbrener et al., 1955; Davis 및 Shock, 1950; Norris et al., 1953; Shock 및 Yiengst, 1955; Shock, 1961) 어떠한 樣相으로 體溫調節이 遂行되고 있는지는 잘 알려져 있지 않고 있다.

Krag 및 Kountz(1950)는 57歲 乃至 91歲의 老人 13名 과 30歲內外의 靑年 6名을 冬節(60~70°F)에 裸體로 露出시켜 直腸溫度와 酸素消費量을 測定하고 比較硏究하였는데 靑年群에서는 直腸 溫度는 0.5°C 만큼의 下降을 보인 反面에 老人群에서는 1°C 만큼이나 下降하였고 酸素消費量은 靑年群에서는 50%의 被檢者에서 上昇을 보였으나 老人群에서는 別로 增加하지 않았다고 한다. 그러나 戰慄의 發生은 老人群에서 더욱 빨리 發生하였다고 指摘하고 그들은 이와 같은 觀察에 依據하여 老人에서는 靑年에 比해서 熱消失을 防止하는 機轉이 低下되어 있다고 結論지었다.

Greenfield 및 Shephered(1950)는 Lewis(1930)가 報告한 hunting reaction이 高齡으로 됨에 따라서 消失되는 것을 發見하여 이러한 hunting reaction은 年齡에 따라서 影響을 받을 수 있음을 暗示하였고 그後 Spurr等(1955)은 老人에서는 hunting reaction이 일어나지 않으며 또 局所冷却 및 恢復은 少年에서 더욱 迅速히 이루어지나 靑年과 老人間에서는 別差異가 없었다고 報告하였다. 또 Jepson(1954)은 老人에서는 冷却된 手部의 reactive hyperemia가 젊은 사람에서 보는 바와 같이 迅速히 일어나지 않는다고 하며 이는 高齡으로 됨에 따라 血管反應度의 變化를 招來하였기 때문이라고 結論지었다.

Horvath等 (1955)은 8名의 老人을 10°C의 冷氣에 裸體로 露出시켰을 때 對照群인 靑年에서는 體熱生產量이 顯著히 增加하였으나 末梢血管收縮은 老人群에서 더욱 빨리 일어났다고 報告하였다.

이와 같이 老人을 寒冷에 露出시켰을 때 나타나는 末梢血管反應樣相은 靑年에서 보는 樣相과는 相異함으로 老人의 物理的體溫調節相은 靑年과 相異한지 疑問이 된다. 著者는 60歲以上의 老人群과 30代內外의 靑年群을 所定溫度의 水槽에 一定時間 全身을 浸水시켰을 때의 皮膚와 直腸溫度 및 酸素消費量을 測定하는 同時에 體表의 最大熱絕緣度値를 算出 比較觀察하여 老人의 寒冷環境에서의 物理的體溫調節相을 追究하였으며 이에 報告하는 바이다.

Ⅱ. 實驗對象 및 實驗方法

理學的檢査로서 特히 心肺 및 末梢血管系統에 異常이 없다고 認定되는 健康한 老人 男女 各 17名과 對照群으로서 靑年 男子 11名, 女子 21名을 各各 實驗對象으로 選定하였다. 이와 같이 選擇한 實驗對象者의 年齡 및 體格은 第 1 表에 表示한 바와 같다. 即 老人男子群의 平均年齡은 66歲이며 女子는 63歲였다. 對照群인 靑年男子群의 平均年齡은 30歲였고 女子群은 33歲였다. 體重은 老人男子群이 52.0±1.6 kg, 老人女子群이 45.7±1.6 kg였으며 靑年男子群은 60.4±1.6 kg, 女子靑年群은 55.0±1.0 kg였고 兩群에서 男子가 女子보다 意義있게 컸다($P<0.01$). 身長도 兩年齡群에서 다같이 男子群이 女子群에 比하여 컸다.

皮下脂肪層의 두께 測定은 Best氏 Caliper(Best, 1954)를 使用하여 頰部, 顎部, 肩胛部, 上膊部, 胸部, 腹部, 腰部, 背胸部, 腓部, 膝蓋部等 身體10 個部位의 skinfold thickness를 測定하여 皮膚自體의 10個部位의 두께인 40 mm을 skinfold thickness에서 減하고 나머지를 20으로 나누어 平均皮下脂肪層의 두께를 算出하였다. 身體脂肪

第1表　各群被檢者의 年齡 및 體格

實驗對象群 (人員數)	年齡 (歲)	體重 (kg)	身長 (cm)	平均皮下脂肪層 두께 (mm)	身體脂肪量 (%)	脂肪을 除外한 體重(kg)
老人男子群(17)	66±1.1	52.0±1.6	160.3±1.6	0.76±0.2	6.3±1.0	46.4±1.5
老人女子群(17)	63±0.9	45.7±1.6	152.8±1.0	1.02±0.2	6.6±1.4	40.4±0.8
青年男子群(11)	30±0.9	60.4±1.6	160.2±1.2	1.23±0.2	8.8±1.3	51.3±1.0
青年女子群(21)	33±2.0	55.0±1.0	155.0±1.2	2.56±0.3	13.3±0.8	40.8±0.7

量의 體重에 對한 百分率은 Allen等 (1956)의 數式에 依하여 算出하였다.

即 $A=TBM\sqrt{(Y-1)/1000}$

A : 總體內脂肪組織量(kg)

TBM : 體重(kg)

Y : 10個部位에서 測定한 皮膚두께의 總和(mm)

脂肪을 除外한 體重(kg)=體重$-A$

百分率 體內脂肪量(脂肪組織內 水分을 除外)=A(百分率)×0.62※

※ 脂肪組織內 水分 含有量에 對한 矯正値(Keys et al., 1953)

이와 같이 測定한 平均皮下脂肪層두께는 老人男子群에서 0.76±0.16 mm 이고 女子群에서는 1.02±0.33 mm 로써 統計學的으로 意義있는 差異를 보이지 않았으나 青年群에서는 男子群이 1.23±0.21 mm 임에 比해서 女子群에서는 2.56±0.29 mm로써 後者가 意義있게 컸다($P<0.01$). 또한 身體脂肪量의 體重에 對한 百分率은 老人男子群에서 6.3±1.0 %, 女子群에서 6.6±1.3% 로써 別差異가 없었으나 青年群에서는 男子群이 8.8±1.3%인데 比하여 女子群에서는 13.3±0.7%로써 亦是 意義있는 差異를 볼 수 있었다. 體重에서 脂肪量을 減한 lean body mass는 兩年齡群에서 다같이 男子群이 女子群에 比해서 意義있게 컸다($P<0.01$).

全實驗을 通하여 被檢者를 所定溫度에 露出시키기 爲해서 Rennie等 (1962 b) 이 使用한 水槽全身熱量計法을 利用하였다. 即 84×30×28 inch의 木製水槽에 푸라스틱 寢臺를 깔고 被檢者로 하여금 顔面部만 除外한 全身을 浸水시켜 3 時間동안 드러누어 있게 하였으며 이때 被檢者는 綿製水泳服만 着衣케 하였다. 이 水槽에는 2個의 뽐푸(20 l/min의 性能을 갖었음)를 備置하여 水槽內의 물을 繼續的으로 움직이게 함으로써 水槽內의 部位別 溫度差를 없에도록 하였을 뿐만아니라 1,000W. 의 heater를 備置하고 正確한 Thermostat(Yellow Spring Instrument 社製)를 利用하여 ±0.01°C의 正確度를 갖인 恒溫을 維持시켰다. 直腸溫度는 0.01°C의 正確度를 갖인 Telethermometer(Yellow Spring Instrument 社製)로써 5分마다 測定하였으며 酸素消費量은 9 l Collins spirometer를 使用하여 처음 2 時間동안은 30分마다 그 後에는 20分마다 6 分間씩 測定하였고 同時에 戰慄有無를 觀察하였다. 體熱生產量算出은 DuBois의 基準表(1916)에 依해서 體表面積(m^2)을 算出하고 分時酸素消費量($\dot{V}O_2$, l/min.; STPD)을 計算하여 다음과 같이 算出하였다.

即 $\dot{V}O_2\times60\times4.83\div$體表面積($m^2$)=熱生產量(Kcal/hr/$m^2$)

實驗對象者에 따라서 臨界水溫이 相異하기 때문에 實驗時 水溫도 相異하였으나 大體로 28°C 乃至 33°C의 水槽에서 實驗을 하였다.

體表의 最大熱絕緣度値(I)는 2時間 經過後 所謂 thermal steady state에 達하였을 때에 다음 數式(Burton, 1934; Hardy 및 DuBois, 1937)에 依해서 算出하였다.

$$\text{即}\quad I=\frac{\text{直腸溫度}-\text{水槽溫度}}{\text{皮膚熱消失率}}$$

皮膚로 부터의 體熱消失量은 直腸溫度가 2時間 經過後 固定된 境遇에는 體熱生產量에서 呼吸器를 通한 體熱消失量(體熱生產量의 8% : Rennie et al., 1962 a)을 減한 値이며 直腸溫度가 繼續해서 下降된 例에서는 體熱의 net loss 即 0.83×平均 直腸溫變化×0.6×體重을 上記한 熱消失値에 附加하였다.

Ⅲ. 實驗成績

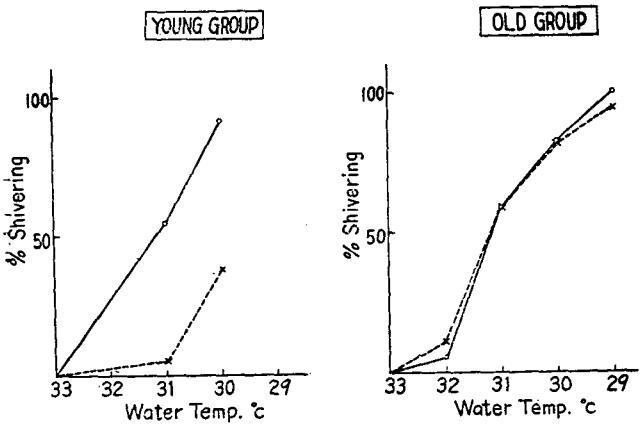
A. 臨界水溫

水溫이 너무 낮을 때에는 寒冷刺戟이 甚하여 戰慄이 惹起되며 酸素消費量의 增加를 招來할 것이며 따라서 이와같은 境遇에는 體表血管收縮이 最大로 일어났을 찌라도 體表의 熱傳導度는 높을 것이고 熱絕緣度는 낮을 것이다. 反對로 水溫이 너무 높을 때에는 酸素消費量의 增加는 없을 것이나 體表血管의 收縮程度가 덜 할 것이므로 體表의 熱絕緣度는 亦是 낮을 것이다. 따라서 體溫의 物理的調節相을 究明하기 爲하여서는 所定 實驗期間(本研究에서는 3時間) 동안에 戰慄이 일어나지 않는 最低水溫을 擇하여야 할 것이다. 일찌기 Burton 및 Bazett(1936)는 이와 같은 水溫을 臨界水溫(critical water temperature)이라고 命名하였으며 이 水溫에서 體表의 熱絕緣度가 最高値임을 밝힌 바 있다. 따라서 各被檢者의 臨界水溫을 찾아내기 爲하여 同一被檢者를 28°C 乃

至 33°C의 水槽에서 實驗하였다.

各溫度下에서 戰慄을 일으킨 被檢者數(百分率 로表示하였음)는 第1圖에 圖示한 바와 같다.

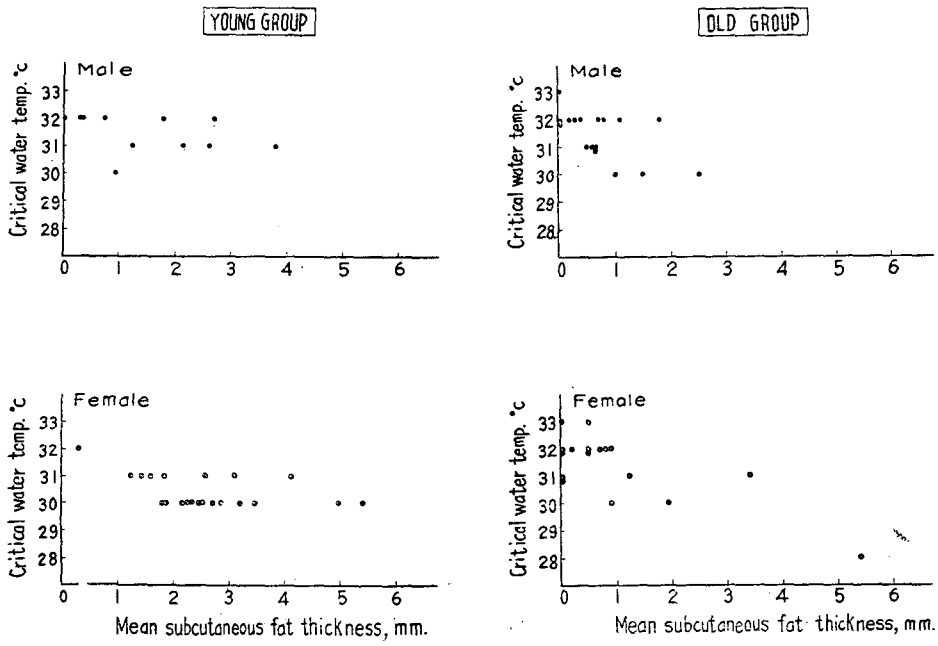
即 水溫 33°C 에서는 戰慄을 일으킨 者는 하나도 없었으나 水溫이 그 以下로 下降함에 따라 漸次로 戰慄을 일으키는 率이 增加하여 31°C 에서는 對照群인 靑年女子群을 除外한 他群에서는 戰慄을 일으키는 것이 約 50%나 되는 것을 볼 수 있었고 30°C 에서는 80 % 以上이나 戰慄을 일으켰다. 그러나 靑年女子群에서는 戰慄을 일으키는 率이 매우 낮아 30°C 水溫下에서도 40%의 被檢者만이 戰慄을 일으켰다.



第 1 圖 各種水溫下에서의 戰慄發生率

이와 같은 成績으로 미루워 보아 臨界水溫은 30°C 乃至 33°C 사이 임을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 第 1 圖에 提示된 成績으로 미루워보아 老人男女 兩群間에는 臨界水溫의 差異는 없으며 또 靑年男子群의 臨界水溫은 老人群과 같다고 하겠다. 그러나 靑年女子群의 臨界水溫은 他群에 比하여 意義있게 낮음을 알 수 있었다. 이와같은 臨界水溫의 差異를 좀더 定量的으로 比較하기 爲하여 第 1 圖上에서 50%의 被檢者가 戰慄을 일으키는 水溫을 求한 바 老人群에서는 男女群이 다 같이 31.2°C 였었고 靑年男子群은 이와 매우 類似한 31.1°C 였음에 反하여 靑年女子群의 臨界水溫은 29.9°C로써 他群에 比하여 1°C 以上이나 낮음을 알 수 있었다.

文獻上에 報告된 바에 依하면 臨界水溫은 皮下脂肪層과 密接한 關係가 있다고 함으로 (Baker 및 Daniels, 1956; LeBlanc, 1954) 或時 上述한 臨界水溫의 差異가 各群被檢者의 皮下脂肪層의 두께의 差異로 因한 것인지를 究明하기 爲하여 各被檢者에서 觀察한 臨界水溫과 皮下脂肪層의 두께와의 關係를 第 2 圖에 圖示하였던바 大體로 皮下脂肪層의 두께가 增加함에 따라 臨界水溫이 낮어짐을 알 수 있었다. 老人男女 兩群에서는 皮下脂肪層의 두께는 매우 近似하였을 뿐만



第 2 圖 各被檢者間의 臨界水溫과(平均) 皮下脂肪層 두께와의 關係

第 2 表　青年男子群의 最大體表熱絕緣度

被檢者	平均皮下脂肪層두께 (mm)	最終直腸溫度 (°C) 30°C	31°C	32°C	皮膚熱消費量 (Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C	體表熱絕緣度 (°C/Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C
1	0.95	36.17	36.90		58.2	55.1		0.109	0.114	
2	0.32		—	35.95		—	42.2		—	0.094
3	0.75		—	36.30		—	41.9		—	0.103
4	0		—	35.90		—	50.1		—	0.076
5	2.62		36.61	36.68		46.9	47.8		0.122	0.099*
6	1.77		36.30	36.13		41.5	45.8		0.125	0.092*
7	2.15		36.09	36.46		50.8	48.7		0.102	0.094
8	1.77		—	36.55		—	51.1		—	0.087
9	2.70		—	36.40		—	40.4		—	0.107
10	0.30		—	36.20		—	44.0		—	0.095
11	1.25		36.29	36.42		45.7	37.6		0.117	0.119
平均	1.32		36.44	36.30		48.0	44.9		0.104	
標準誤差	0.27		0.13	0.08		2.7	1.3		0.004	

* 이 實測値는 體表의 最大熱絕緣度가 아니므로 第4圖上에서 除外하였다.

第 3 表　青年女子群의 最大體表熱絕緣度

被檢者	平均皮下脂肪層두께 (mm)	最終直腸溫 (°C) 30°C	31°C	32°C	皮膚熱消費量 (Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C	體表熱絕緣度 (°C/Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C
1	1.80	36.32	36.35		40.9	40.8		0.156	0.131	
2	2.25	35.88	36.08		39.9	41.3		0.147	0.126	
3	2.15	36.60	36.55		49.6	41.3		0.134	0.134	
4	4.07	—	36.71		—	40.6		—	0.140	
5	1.82	36.55	36.78		49.2	61.3		0.136	0.096*	
6	2.85	36.15	36.16		38.1	38.6		0.146	0.132	
7	3.45	36.00	36.22		47.8	50.0		0.126	0.106*	
8	1.85	—	36.14		—	39.5		—	0.132	
9	1.25	—	36.38		—	44.8		—	0.121	
10	2.45	36.70	36.28		51.1	43.7		0.131	0.121	
11	5.37	37.00	36.60		35.4	32.8		0.199	0.170	
12	1.62	—	36.65		—	42.9		—	0.132	
13	3.17	36.50	36.35		44.0	38.3		0.147	0.140	
14	3.07	—	37.70		—	51.7		—	0.129	
15	2.72	36.60	36.90		48.1	50.4		0.138	0.117*	
16	0.30	—	—	36.70	—	—	46.9	—	—	0.101
17	2.25	36.60	36.75		43.9	41.5		0.153	0.140	
18	1.45	—	36.40		—	50.1		—	0.109	
19	2.50	36.90	36.70		44.1	44.1		0.156	0.132	
20	4.95	37.10	37.40		34.8	37.3		0.204	0.171	
21	2.55	—	36.98		—	51.8		—	0.115	
平均	2.56	36.56	36.56		43.6	44.1			0.141	
標準誤差	0.27	0.09	0.09		0.48	1.5			0.005	

* 이 實測値는 體表의 最大熱絕緣度가 아니므로 第 4 圖上에서 除外하였다.

第4表 老人男子群의 最大體表熱絕緣度

對象群	平均皮下脂肪層 두께 (mm)	最終直腸溫 (°C) 30°C	31°C	32°C	33°C	皮膚熱消失量 (Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C	33°C	體表熱絕緣度 (°C/Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C	33°C
1	0.28		— 35.85				— 39.56				— 0.097		
2	0.03		— 35.85				— 33.07				— 0.125		
3	1.78		— 35.90				— 34.00				— 0.108		
4	0.43		— 35.60				— 36.89				— 0.098		
5	0.48	— 34.99				— 41.10				— 0.091			
6	1.13		— 35.72				— 38.11				— 0.098		
7	1.53	35.35	35.22	35.50		48.40	36.26	39.99		0.110	0.114	0.088*	
8	0.65		36.10	36.22			50.93	40.85			0.101	0.103	
9	2.53	35.98	35.83	36.20		37.89	34.80	32.90		0.159	0.141	0.127*	
10	0.80		— 35.84				— 46.80				— 0.082		
11	0.68		— 36.08				— 47.14				— 0.088		
12	0.23		— 35.32				— 37.67				— 0.092		
13	0.58		36.15	36.20			54.46	43.67			0.094	0.113	
14			— 35.85				— 39.93				— 0.101		
15	0.13		—	— 35.88			—	— 41.57			—	— 0.071	
16	0.65	— 35.11		— 35,13		— 48.84	39.90			— 0.086	0.080		
17	1.00	35.10	35.20			38.00	40.27			0.138	0.108		
平均	0.76		35.51	35.80			43.81	39.32			0.104		
標準誤差	0.16		0.19	0.09			3.1	5.9			0.005		

* 이 實測値는 體表의 最大熱絕緣度가 아니므로 第4圖上에서 除外하였다.

第5表 老人女子群의 最大體表熱絕緣度

對象群	平均皮下脂肪層 두께 (mm)	最終直腸溫 (°C) 30°C	31°C	32°C	33°C	皮膚熱消失量 (Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C	33°C	體表熱絕緣度 (°C/Kcal/hr/m²) 30°C	31°C	32°C	33°C
1	0.48		— 36.69				— 43.06				— 0.110		
2*	5.38	36.80	36.73			38.07	42.29			0.179	0.136**		
3	0.78		— 36.58				— 42.66				— 0.109		
4			—	— 36.63			—	— 35.98			—	— 0.102	
5	0.90		— 36.64				— 54.12				— 0.103		
6	0.73		— 36.28				— 43.73				— 0.098		
7	1.95	— 36.02				43.34	43.44			0.135	0.118		
8		— 35.84				— 49.46				— 0.099			
9	0.90	35.80	36.28			49.12	34.07			0.119	0.155		
10	0.20		— 36.16				— 44.34				— 0.093		
11	1.50		36.54	36.83			41.93	32.99			0.132	0.147	
12	0.53		— 36.03				— 45.13				— 0.091		
13			— 36.35				— 47.02				— 0.093		
14	3.38	— 36.47				— 43.81				— 0.126			
15	0.10		— 35.82				— 48.09				— 0.086		
16		— 35.88				— 47.52				— 0.104			
17	0.53		—	— 36.36			—	— 38.18			—	— 0.087	
平均	1.02		36.25	36.37			43.22	43.57			0.122		
標準誤差	0.33		0.15	0.12			2.0	1.5			0.007		

* 이 被檢者는 28°C와 29°C에서도 實驗하였는바 體表熱絕緣度値는 各各 0.196과 0.199°C/Kcal/hr/m² 였으며 이 實測値는 平均體表熱絕緣度算出時 包含시켰다.

** 이 實測値는 體表의 最大熱絕緣度가 아니므로 第4圖上에서 除外하였다.

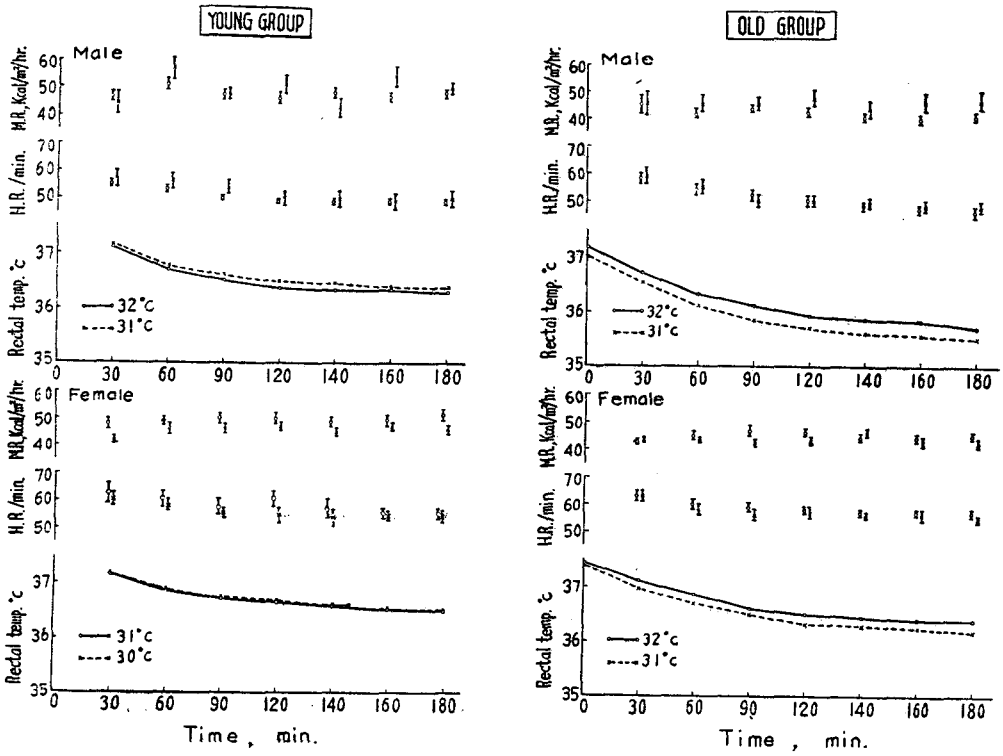
아니라 臨界水溫도 매우 近似하였으나 靑年男女 兩群間에는 皮下脂肪層의 두께의 差異가 相當하였고 따라서 臨界水溫의 差異도 뚜렷함을 알 수 있었다. 그러나 靑年男女 兩群을 同一한 皮下脂肪層두께 範圍內 即 4 mm 以內에서 比較하여 보면 皮下脂肪層의 두께가 같은데도 不拘하고 兩群間에는 뚜렷한 臨界水溫의 差異가 있음을 알 수 있었다. 即 本硏究에서 觀察한 各群間의 臨界水溫의 差異는 被檢者間의 皮下脂肪層의 두께의 差異로만 因한것 같지는 않으며 그外의 他要因이 介在되어 있음을 알 수 있었다.

B. 臨界溫水槽에 浸水時의 體溫變化 및 體熱生產量

前述한 바와 같이 所定溫度의 水槽에 被檢者를 浸水시킬 때 實驗期間 3時間以內에 戰慄이 일어날 때에는 實驗의 意義를 喪失하는 고로 不得已 實驗을 中斷하였다. 따라서 臨界水溫 或은 이보다 若干 높은 水溫에서 行한 實驗成績만을 著者는 整理하여 各被檢者에서 個別的으로 얻은 成績을 第 2, 3, 4 및 5 表에 各實驗群別로 總括 表示하였다. 同時에 同一水溫下에서 各被檢者의 直腸溫度, 心搏動數 및 體熱生產量의 時間的變化를 比較하기 爲하여 30°C 乃至 32°C 水溫下에서 3 時間동안 觀察한 該數値를 第 3 圖에 圖示하였다.

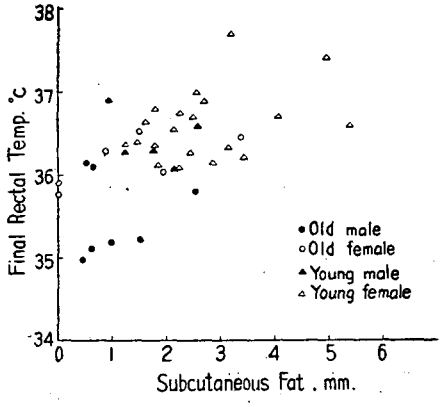
即 第 3 圖에 圖示된 바와 같이 水溫의 高低에 關係없이 直腸溫度는 全群에서 約 1°C 乃至 2°C 下降하였음에도 不拘하고 體熱生產量은 別로 意義있는 變化를 보이지 않았다. 이와 같은 直腸溫度의 下降은 水溫과 密接한 關係가 있었으며 水溫이 낮을 수록 直腸溫度의 下降은 더욱 顯著하였다. 大體로 直腸溫度의 下降은 同一水溫下에서는 老人群에서 靑年群에 比하여 意義있게 컸다. 例를 들면 31°C 水溫下에서 浸水後 3時間이 經過한 때의 直腸溫度는 老人男子群에서는 35.51°C, 老人 女子群에서는 36.25°C 였음에 反하여 靑年男子群에서는 36.44°C, 靑年女子群에서는 36.60°C로써 老人群의 直腸溫度가 靑年群에 比하여 낮음을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 兩群에서 男女間의 直腸溫度를 比較하여 보면 老人群에서는 男子群의 直腸溫度가 女子群의 直腸溫度에 比하여 顯著히 낮았으나 靑年男女 兩群間에는 意義있는 差異는 볼 수 없었다.

이와 같이 老人群에서 直腸溫度가 靑年群에 比하여 顯著하게 下降한다는 事實은 매우 意義가 있는 것으로 思料되며 甚한 境遇에서는 直腸溫度가 34.99°C 까지 下降한 때도 있었다. 이와 같은 直腸溫度의 下降度의 差異는 여러가지 要因에 依하여 說明될 수 있겠으나 實驗期



第 3 圖 臨界溫水槽에 浸水時의 體熱生產量, 心搏動數 및 體溫變化

間中 體熱生産量이 變化하지 않았다는 事實로 미루어 볼때 그러한 差異는 全的으로 體熱消失量의 差異로 因



第4圖 直腸溫度下降度와 皮下脂肪層 두께와의 關係.

한 것이라 하겠다. 따라서 體熱消失量을 左右하는 가장 重要한 因子인 皮下脂肪層의 두께와 直腸溫度의 下降度와의 相關關係를 檢討하기 爲하여 31°C 水溫下에서 浸水後 3時間 經過한때의 各被檢者의 直腸溫度를 皮下脂肪層의 두께別로 第4圖에 圖示하였던 바 皮下脂肪層의 두께가 두터울 수록 直腸溫度가 높았음을 알 수 있었다. 換言하면 皮下脂肪層의 두께가 두터울 수록 直腸溫度의 下降度는 輕하였으며 第4圖上에 記入된 實測値의 分布狀態를 보면 靑年群과 老人群間에 何等의 差異를 볼 수가 없었다. 即 이와 같은 事實은 老人群에서 靑年群에 比하여 直腸溫度가 더욱 顯著히 下降하였음은 兩群間의 皮下脂肪層의 두께의 差異로 因한 것임을 强力히 立證하는 것이라 하겠다. 그러나 第4圖를 더욱 詳細히 檢討하면 老人群被檢者中 同一한 皮下脂肪層두께를 가진 男女間을 比較할 때 男子群의 直腸溫度가 女子群에 比하여 意義있게 낮은 傾向이 있음을 알 수 있는 바 그 原因이 무엇인지 說明하기 매우 困難하다.

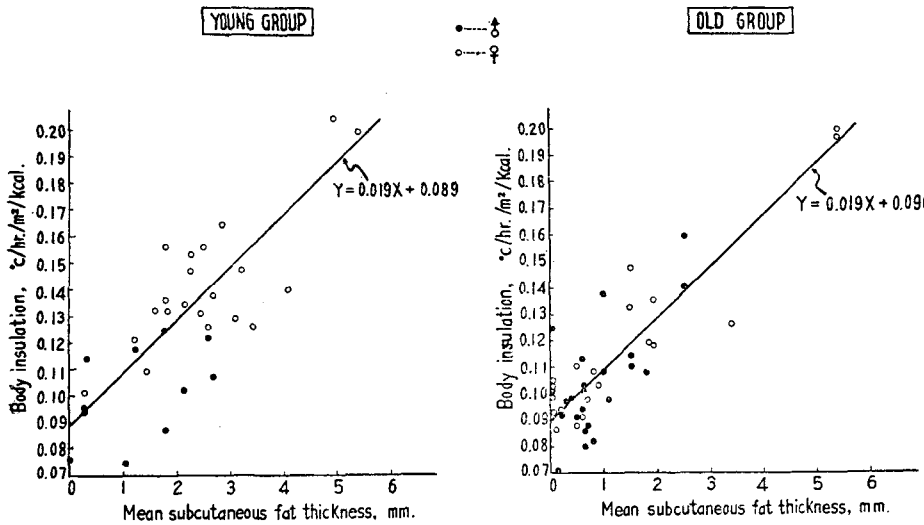
體熱生産量이 實驗期間中에 別로 意義있는 變化를 보이지 않았음은 前述한 바 있거니와 平均體熱生産量은 水溫이 낮어짐에 따라 若干 增加하는 傾向이 있었다. 上述한 바와 같이 實驗期間中 直腸溫度가 下降할 뿐만 아니라 水溫이 낮어짐에 따라 直腸溫度의 下降이 큼에도 不拘하고 體熱生産量이 減少하지 않았다는 事實은 비록 臨界水溫下에서 戰慄은 일어나지 않았다 할지라도 筋肉의 緊張度가 높았음을 暗示하는 것이라고 하겠다((Hardy 및 DuBois, 1940; Burton 및 Edholn, 1955). 被檢者間의 年齡別 및 性別로 同一水溫下에서의 體熱生産量을 比較하면 大體로 老人群은 對照群에 比하여 5 Kcal/m²/hr 乃至 10 Kcal/m²/hr 만큼 낮었으며 兩年齡群에서 男子群은 女子群에 比하여 5Kcal/m²/hr 乃至 10 Kcal/m²/hr 만큼 높았다.

心搏動數는 第3圖에서 보는 바와 같이 時間이 經過할수록 直腸溫度의 下降과 併行하여 減少하였으나 實驗 2時間以後부터는 大體로 더以上 減少하지 않고 거의 一定하게 維持되었다.

C. 體表의 最大熱絕緣度

臨界水溫에 浸水時 被檢者의 直腸溫度는 처음 2時間 동안은 比較的 速히 下降하나 그 다음부터는 比較的 緩慢히 下降하거나 或은 더 以上 下降안하고 固定되었으며 이는 體熱生産量과 體熱消失量이 거의 近似하게 되기 때문이며 이 狀態를 體熱平衡狀態(Thermal steady state)라고 稱한다. 따라서 體表의 熱絕緣度는 이와 같은 體熱平衡期間中에 算出하였으며 各被檢者에서 얻은 實測値를 第2, 3, 4 및 5表에 附加表示 하였다. 體表의 熱絕緣度値는 臨界水溫에서나 或은 이보다 1°C쯤 높은 水溫下에서는 別로 意義있는 差異를 보이지 않았으나 臨界水溫 보다 2°C쯤 높은 水溫下에서는 熱絕緣度値의 下降을 볼 수 있었다(第2表의 被檢者 7 및 9參照). 各群에서의 體表의 平均最大熱絕緣度値는 老人男子群에서는 0.104±0.005°C/Kcal/hr/m² 였음에 反하여 老人女子群에서는 0.122±0.007°C/Kcal/hr/m²였으나 兩群사이에는 統計學的으로 意義있는 差異를 볼 수 없었다. 對照群인 男子群의 平均最大熱絕緣度値는 0.104±0.004°C/Kcal/hr/m²로써 老人男子群과 同一하였으나 靑年女子群에서는 0.141±0.005°C/Kcal/hr/m²로써 他群値에 比하여 意義있게 높았다. 換言하면 年齡의 多少에 不拘하고 男子群의 體表의 熱絕緣度値에는 아무 差異도 없었으나 女子群에서는 高齡으로 됨에 따라서 熱絕緣度値가 顯著히 減少하였다. 이와같은 各群間의 體表의 熱絕緣度의 差異가 果然 體表血管收縮程度의 差異로 因한 것인지 或은 皮下脂肪層의 두께의 差異로 因하여 이루어진 것인지를 究明하기 爲하여 各被檢者의 體表의 最大熱絕緣度値와 皮下脂肪層의 두께와의 相關關係를 第5圖에 圖示 하였던바 老人群에서나 對照群에서나 共히 皮下 脂肪層의 두께가 增加 함에따라 熱絕緣度値는 이에 比例하여 增加함을 알 수 있었다.

上記한 兩函數間의 相關關係를 定量的으로 比較하기 爲하여 兩群에 回歸方程式을 χ squre test에 依해서 算出한 바 老人群에서는 Y(體表의 熱絕緣度)=0.019×(皮下脂肪層의 두께)+0.090°C/Kcal/hr/m²였고 對照群에서는 이와 類似한 Y=0.019×(皮下脂肪層의 두께)+0.089°C/Kcal/hr/m 였다. 即 體表의 熱絕緣度와 皮下脂肪層두께 와의 相關關係는 兩年齡群에서 同一함을 알 수 있었으며 各群被檢者間의 皮下脂肪層두께의 差



第 5 圖　最大體表熱絕緣度値와 皮下脂肪層두께와의 關係.

異를 考慮한다면 體表의 熱絕緣度는 全群에서 同一하다는 것을 意味하는 것이라 하겠다. 이와 같은 事實로 미루어 볼 때 臨界水溫下에서 惹起되는 體表의 最大熱絕緣度値는 年齡이나 性別에 關係없이 같은 程度로 일어난다는 結論을 얻을 수가 있다.

第 5 圖에 圖示된 回歸線의 傾斜度는 皮下脂肪層의 熱絕緣度를 意味하는 것이며 또 皮下脂肪層의 두께가 零일 때의 熱絕緣度値는 皮下脂肪層을 除外한 純粹한 體表組織의 熱絕緣度値를 意味하는 것이라고 하겠으며 (Rennie et al., 1962 b) 이 亦是 兩年齡群에서 같았음은 上述한 바와 같다.

Ⅳ. 總括 및 考按

老人의 寒冷環境下에서의 物理的體溫調節相을 究明하기 爲하여 60 歲以上의 老人 및 30 歲內外의 靑年을 28°C 乃至 33°C의 水槽에 3 時間동안 浸水시켜 그동안에 皮膚로 부터의 體熱消失量, 直腸溫度 및 體表의 最大熱絕緣度値를 算出하여 얻은 成績을 考察하고저 한다.

本硏究에서 選擇한 老人群 被檢者는 平均年齡이 男子群에서 66 歲이고 女子群이 63 歲로써 이미 老年期에 들어선 者들임에 反하여 對照群 被檢者는 모두 30代 內外의 靑年들이 었으며 兩群의 物理的 體溫調節相을 比較硏究함에 있어 適切한 年齡的差異라고 하겠다.

體溫調節相을 硏究함에 있어 身體脂肪量의 正確한 測定이 매우 重要하며 從來에 널리 利用되어 온 方法中 가장 正確한 것은 Behnke等(1942)에 依해서 考案된 hydrostatic method 라 하겠으나 이는 매우 複雜하기 때문에 最近에는 caliper를 使用한 身體脂肪量測定法(Brozek 및 Keys, 1951)이 發達되었다. Hydrostatic method로써 測定한 身體脂肪量과 caliper를 使用하여 얻은 脂肪量을 相互比較하여 볼때 그 數値는 거의 近似하다고 하며 1 回測定時의 標準偏差는 前者에서 2.03 kg, 後者의 境遇는 2.02 kg로써 이것 亦是 同一하였다고 한다(Allen et al., 1956). 따라서 本硏究에서는 caliper를 使用하여 身體脂肪量을 測定하였으며 이 目的을 爲하여 Best氏 caliper(Best, 1954)를 使用하여 身體 10 個部位의 Skinfold thickness를 測定하여 Allen等(1956)의 數式에 依해서 前述한 바와 같이 算出하였는데 身體脂肪量의 體重에 對한 百分率은 脂肪組織에 包有된 水分量에 對한 矯正을 하기 爲하여 0.62를 乘하였다(Keys 및 Brozek, 1953). 이 Best氏 caliper는 操作이 便利하고 判讀키 簡便하며 또한 反復해서 測定하기 容易함으로 더욱 正確性을 期할 수 있는 長點이 있다. 兩年齡群의 平均皮下脂肪層 두께는 老人群에서는 男女間에 別差異가 없었으나 靑年群에서는 男女間에 意義있는 差異를 보였으며(第 1 表 參照), 그 結果 臨界水溫, 直腸溫度의 下降度 및 體表의 最大熱絕緣度에 差異를 招來케 한것이다.

體溫調節相 特히 物理的調節相을 硏究하는데는 大體로 두가지 實驗方法이 있다고 하겠는데 그 하나는 空氣熱量計法(air calorimetry)이며 또하나는 水槽熱量計法(water calorimetry)이다. 이 두가지 實驗方法을 比較考察하여 보면 空氣熱量計法은 正常的인 生理的環境下에서 全身을 自由로히 露出시킬 수 있다는 長點이 있으나 實驗室環境 卽 氣溫, 氣流 및 濕度等을 一定하게 維持시켜 同一環境下에서 여러번 實驗하기가 매우 困難하다는 短點이 더욱 크다고 하겠다. 이에 反해서 本 硏究에

서 利用한 水槽熱量計法은 正常環境이 아닌 물속에 被檢者를 浸水시켜야 된다는 短點은 있으나 물은 空氣에 比해서 熱傳導度가 큼으로 體表로부터의 體熱消失量이 크며 따라서 steady state에 達한 때에 直腸溫度下降이 큼으로 體表의 熱絕緣度測定誤差가 적을 뿐만 아니라 被檢者의 周圍環境을 絕對的으로 統一할 수 있다는 큰 長點을 가지고 있다. 뿐만아니라 皮膚溫度는 水槽溫度와 同一하기 때문에 體表의 熱絕緣度値計算에 正確性을 期할 수 있고 또 水槽溫度를 容易하게 變更시키면서 願하는 環境溫度에서 實驗할 수 있는 큰 利點이 있다. 反面에 水槽熱量計法으로 體熱消失量을 計算함에 있어 皮膚로 부터의 水分蒸發로 因한 體熱消失이 問題가 될 수 있다고 생각할 수 있으나 實際로는 浸水部位로 부터의 蒸發로 因한 體熱消失量은 거의 없을 뿐만 아니라 浸水되지 않은 顔面部로 부터의 體熱消失量은 極히 적으며 一定하게 維持된다고 한다(Burton et al., 1936).

寒冷環境下에서 物理的體溫調節相을 硏究함에 있어 體熱生產量을 增加시키지 않고 體表血管收縮을 最大로 일으켜 所謂 體熱平衡狀態를 이루어야 하며 그러기 爲하여서는 臨界水溫下에서 實驗을 해야 한다는 것은 이미 前述한 바 있거니와 이와 같은 臨界水溫을 決定하기 爲하여 各種溫度의 水槽에 同一被檢者를 浸水시켰을 때의 成績을 考察해 보면 水溫이 下降할 수록 戰慄發生率이 增加하였으나 靑年女子群에서만 戰慄發生率이 他群에 比하여 매우 낮었으며 50%의 被檢者에서 戰慄을 惹起시킨 水溫은 靑年女子群에서는 29.9°C로써 他群에 比하여 1°C 以上이나 낮었으며 (第1圖 參照), 臨界水溫 亦是 靑年女子群에서 낮었다(第2圖 參照). 그러나 이와 같은 事實은 老人女子群에서는 볼 수 없었으며 이는 매우 注目할 만한 事實이라고 하겠다. 靑年女子群의 皮下脂肪層 두께가 各群中 가장 크기는 하였으나(第1表 參照)같은 皮下脂肪層두께를 갖인 被檢者끼리 比較하여 보더라도 靑年女子群의 臨界水溫은 낮었음으로(第2圖 參照) 他要因이 介在되어 있음이 分明하며 아마도 或種의 內分泌物이 이에 關與하고 있는지 앞으로 追窮할 만한 課題라고 하겠다. 最近 Rennie等(1962 b)은 韓國海女의 體溫調節相을 硏究하였는데 그들은 海女와같은 職業에 男子 아닌 女子가 從事하고 있는 理由의 하나는 男子에 比해서 女子의 皮下脂肪層이 두꺼우며 그 結果 體表의 熱絕緣度가 크기 때문일 것이라고 指摘한 바 있으나 本實驗成績으로 미루어 볼때 그와 같은 理由外에 靑年女子에서는 上記한 바와 같이 戰慄最低閾이 男子에 比하여 높다는 事實이 또하나의 理由가 될 것으로 思料된다.

文獻上에 報告된 臨界水溫을 本成績과 比較하여 보면 第6表에서 보는 바와 같다. 卽 美國人靑年男女의 臨界水溫은 平均皮下脂肪層두께가 4 mm 以下인 被檢者에서는 33°C 乃至 34°C라고 報告하고 있으며(Rennie et al., 1962 b) 이는 일찌기 Burton 및 Bazett(1936)의 報告(33°C)와 同一하다. 또한 Rennie 等 (1962 a)은 Eskimo의 臨界水溫은 美國人에서 보다 若干 높아서 33°C 乃至 35°C라고 報告한 바 있다. 이와같은 臨界水溫의 差異는 아마도 民族的인 因子에 由來되는 結果라고 思料되며 한便 海女는 非海女에 比하여 皮下脂肪層두께의 差異에 對한 考慮를 하더라도 臨界水溫이 낮은 바 이는 Rennie等(1962 b)이 提唱한 바와 같이 臨界水溫은 寒冷에 適應됨으로서 낮아진다는 것을 暗示하는 것으로 思料된다.

實驗期間中 直腸溫度의 下降은 처음 2 時間동안은 比較的 빨랐으나 그後부터는 比較的 緩慢하거나 或은 固

第6表 文獻上에 報告된 臨界水溫 및 體表熱絕緣度値와 本成績과의 比較

實驗對象群	實驗對象人員數	年齡(歲)	身體脂肪量(%)	臨界水溫(°C)	體表熱絕緣度(°C/Kcal/hr/m²)	著者
American Male	10	26	15	33～34	0.109	Rennie et al., 1962 b
American Female	10	23	16	33～34	0.134	〃
Eskimo	5	26	10	33～35	0.066	Rennie et al.,1962 a
Athapascan Indians	6	23	12		0.068	Milan et al., 1963
Caucasian Soldiers	6	29	16		0.071	〃
Eskimo	6	25	7		0.057	〃
Central Australian Aborgines	8	21	11		0.195	Hammel et al., 1959
Korean Diving Women (Ama)	9	42	11	30 or lower	0.130	Rennie et al., 1962 b
Korean Young Male	11	30	9	30～32	0.104	Lee, D.Y.
Korean Young Female	21	33	13	30～32	0.141	〃
Korean Old Male	17	66	6	30～33	0.104	〃
Korean Old Female	17	63	7	30～33	0.122	〃

定되어 體熱平衡을 維持하기에 이르렀으며(第 3 圖 參照) 이와 같은 理由로 實驗時間을 3 時間으로 決定하였던 것이다. 直腸溫度의 下降度는 第 4 圖에서 보는 바와 같이 皮下脂肪層 두께와 密接한 相關關係가 있어 皮下脂肪層 두께가 增加할 수록 直腸溫度의 下降度는 적었으며 反對로 皮下脂肪層두께가 적을 수록 直腸溫度의 下降度는 컸다. 따라서 皮下脂肪層의 두께가 靑年群에 比하여 적은 老人群에서 直腸溫度의 下降度가 意義있게 컸음은 首肯이 간다고 하겠다. 따라서 各群間의 直腸溫度의 下降度의 差異는 年齡이나 性別에는 別로 關係가 없는것 같으나 同一한 皮下脂肪層두께를 갖인 老人男女間을 比較할 때 男子에서 더욱 顯著히 直腸溫度가 下降되는 傾向을 나타내고 있는 것은 그 原因이 무엇인지 現段階에서는 說明하기 매우 困難하다.

Krag 및 Kountz(1950)는 寒冷環境에 被檢者를 露出시켰을때 直腸溫度의 下降은 老人에서 靑年에 比하여 더욱 컸음에 反하여 戰慄發生率은 老人에서 적었으나 戰慄은 靑年에 比하여 빨리 일어남을 觀察하였다. 그들은 이와 같은 事實에 依據하여 老人에서는 體熱消失을 防止하는 機轉이 低下되어 있다고 結論지었다. 그러나 本實驗成績(第 4 圖 參照)으로 미루어 볼때 或時 上記한 直腸溫度下降度의 差異가 被檢者들의 身體脂肪量의 差異로 因한 것이 아닌가 하는 생각을 갖게된다. 그러나 그들은 身體脂肪量을 測定하지 않았기 때문에 分明치는 않으나 그들의 結論을 全的으로 支持할 수는 없다고 思料된다.

上記한 바와 같이 直腸溫度下降度에는 男女間에 差異가 있었음에도 不拘하고 皮膚로 부터의 體熱消失量은 男女間에 別差異가 없었음으로(第 2, 3, 4 및 5 表 參照) 體表의 最大熱絕緣度値는 女子에서 男子에 比하여 意義있게 컸다(第 2, 3, 4 및 5表 參照). 그러나 이러한 差異는 皮下脂肪層두께 와의 相關關係를 볼 때 體表의 熱絕緣度의 差異를 認定할 수는 없었다. 卽 各群間의 體表의 最大熱絕緣度의 差異 亦是 全的으로 皮下脂肪層의 두께의 差異로 因한 것임을 알 수 있었다(第 5 圖 參照).

이와 같은 皮下脂肪層과 體表의 熱絕緣度와의 相關關係에 對해서는 Channel swimer에 對한 Carlson等(1958) 및 Pugh等(1960)의 報告 및 寒冷環境에 被檢者를 裸體로 露出시켜 實驗한 LeBlanc(1954) 또는 Baker및 Daniels(1956), Danils 및 Buker(1961)의 報告 或은 韓國海女에 對한 Rennie等(1962 b)의 報告에서 이미 指摘된바 있다. 特히 Baker 및 Daniels(1956)는 皮下脂肪量이 적은 사람은 9 Kcal/hr/m² 乃至 10 Kcal/hr/m² 程度의 體表熱傳導度를 가졌음에 反하여 脂肪層이 많은 사람에서는 5 Kcal/hr/m² 乃至 6 Kcal/hr/m² 程度밖에 않된다고 報告하였다.

體表의 熱絕緣度에 關與하는 또하나의 因子는 非脂肪組織 卽 純粹한 體表組織으로 因한 熱絕緣으로서 이것은 血管運動神經의 作用으로 身體深部에서 皮膚表面으로 가는 血流를 變更시킴으로서 이루어 지는 것이며 이것이 體表血管收縮으로 體熱消失을 防止하는 機轉이다. 이와 같은 體表血管收縮度는 寒冷에 適應될때 强하여 진다고 한다. 卽 濠洲土人의 體表熱絕緣度値는 白人에 比해서 顯著히 높다고 하며(Scholandr et al., 1958 b; Hammel et al., 1959) 또 Hong(1963)은 韓國海女와 非海女의 體表熱絕緣度는 夏節에는 兩者間에 別差異가 없었으나 冬節에 同一한 實驗을 反復한 바 海女의 熱絕緣度値가 非海女에 比하여 增加한다는 것을 觀察하고 寒冷適應으로 物理的體溫調節에 變化를 招來하는 것이라고 結論지었다.

第 5 圖의 回歸線에서 皮下脂肪層의 두께가 零인 點은 脂肪層에 依한 熱絕緣度가 아니라 非脂肪組織인 體表組織의 熱絕緣度를 意味하는 것으로(Rennie et al.,1962 b) 이러한 體表血管收縮으로 因한 熱絕緣度는 老人群에서 0.090°C/Kcal/hr/m²이며 靑年群에서 0.089° C/Kcal/hr/m²로써 兩群이 同一하였다. 따라서 皮下脂肪層두께의 差異를 考慮한다면 兩年齡群間에 體表의 最大熱絕緣度値에는 何等의 差異가 없다고 하겠다. 이와 같은 非脂肪性絕緣體表組織의 두께는 血液供給을 안받는 筋肉의 熱絕緣度値가 0.030°C/Kcal/hr/m²/cm 이므로 (Hatfield 및 Pugh, 1951) 兩群에서 다같이 3.0 cm 가 될 것이며 이것은 美國人靑年男女의 1.8 cm에 比하면(Rennie et al., 1962 b) 約 2 倍에 가까운 絕緣된 體表組織의 두께를 가지고 있는 것이라고 하겠다.

本實驗에서 얻은 體表의 最大熱絕緣度値를 文獻上에 報告된 値와 比較하여 보면 第 6 表에서 보는 바와 같이 美國人靑年男子에서는 平均 0.109°C/Kcal/hr/m²이며 女子에서는 0.134°C/Kcal/hr/m² 였다고 하며(Rennie et al., 1962 b) 이와 같은 體表熱絕緣度는 本實驗値와 近似한 것 같으나 身體脂肪量을 考慮할 때 韓國人靑年群에서 보다 낮은 熱絕緣度를 所有하고 있다고 하겠다. 한便 Eskimo에서는 對照群에 比하여 約 60 % 만큼이나 體表의 熱傳導度가 增加되어 있었으며 平均體表熱絕緣度는 0.066°C/Kcal/hr/m² 였다고 한다(Rennie et al., 1962 a). 또 Milan等(1963)은 Eskimo의 體表熱絕緣度値는 平均 0.057°C/Kcal/hr/m²인데 反하여 對照群인 白人兵士와 Athapascan Indian에서는 各各 平均 0.071°C/Kcal/hr/m²와 0.068°C/Kcal/hr/m² 였다고 報告하였다. Central Australian Aborgines에서는 身體脂肪量을 考慮하더라도 顯著히 높은 0.195°C/Kcal/hr/m² 라고 하는바(Hammel et al., 1959) 이와 같은 體表熱絕緣度의 差異는 앞서 指摘한 바와 같이 寒冷環境에서의 物理的體溫調節相에 民族的인 差異가 있다는 것을 意味하는 것이라고 思料된다.

일찌기 Harvath 等(1955)은 寒冷에 露出하였을 때 末梢血管收縮이 老人에서 靑年에 比하여 迅速히 惹起된다고 報告했으며 또한 이들은 手部를 水槽(10°C)에 浸水하였을 때 手部의 局所冷却 및 恢復速度는 老人에서 靑年에 比하여 顯著히 緩慢하다고 指摘하였다. 그들은 이와같은 事實에 立脚해서 寒冷環境에 露出時에 老人에서 靑年에 比하여 體表血管收縮度가 클 것이라고 暗示 하였다. 또한 Jepson(1954)은 冷却된 手部의 reactive hyperemia가 老人에서는 젊은 사람에서 보는 바와 같이 迅速히 일어나지 않으므로 그는 高齡으로 됨에 따라 血管反應의 變化가 온다고 推測하였다. 이러한 報告들은 寒冷環境下에서 老人의 體表熱絕緣度가 靑年에 比해서 增加되어 있을 것이라는 暗示를 주는 것이나 本硏究結果로 미루어 볼 때 이와같은 說은 證明되지 않았으며 도리어 物理的體溫調節相은 年齡의 多少에 不拘하고 同一하다고 結論짓는 바이다.

이와같은 結果는 或是 韓國老人에서의 動脈硬化症發生頻度가 歐美人에 比하여 낮다는 事實과 一聯의 相關性이 있는지도 모르겠다. 뿐만 아니라 年齡增加에 따르는 皮膚血管의 硬化程度가 他主要動脈의 硬化程度보다 낮을 可能性도 있는 것이며 이와같은 問題는 앞으로 더욱 究明하여야 할 課題이다.

V. 結　論

老人의 寒冷環境下에서의 體溫調節相 特히 物理的調節相을 究明하고저 60歲以上의 老人 男女 各 17名과 對照群으로서 30歲內外의 靑年男子 11名 및 女子 21名을 各各 實驗對象者로 選擇하여 28°C 乃至 33°C의 水槽에 3時間동안 全身을 浸水시켜 皮膚로 부터의 體熱消失量, 直腸溫度 및 酸素消費量을 測定하고 體表의 最大熱絕緣度値를 算出 比較硏究하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 戰慄發生率은 水溫이 下降할 수록 增加하였으나 靑年女子群에서는 戰慄最低閾이 上昇되어 있어 50%의 被檢者에서 戰慄을 일으킨 水溫은 他群에 比하여 1°C以上이나 낮았으며 臨界水溫의 高低는 大體로 皮下脂肪層에 多寡에 依存하는 것이라고 하겠으나 同一한 皮下脂肪層두께에서 靑年女子群이 他群에 比하여 1°C 乃至 2°C 낮은 것은 其外의 他要因이 介在되어 있는 것으로 思料한다.

(2) 實驗期間中 直腸溫度가 下降하였음에도 不拘하고 體熱生產量이 變化하지 않았다는 事實은 비록 臨界水溫下에서 實驗하였다 할지라도 筋肉의 緊張度가 높았음을 暗示하는 것이라고 하겠으며 直腸溫度는 老人群에서는 靑年群에 比하여 顯著히 下降되는 것은 老人群에서 靑年群에 比하여 皮下脂肪層이 寡少하기 때문이라 할지라도 同一한 皮下脂肪層두께를 가진 老人男女兩群間을 比較할때 男子群에서 더욱 意義있게 낮은 傾向을 보이고 있는것은 그 原因이 무엇인지 說明하기 매우 困難하다.

(3) 直腸溫度의 下降度는 男女兩群間에 差異가 있었음에도 不拘하고 皮膚로 부터의 體熱消失量은 兩群間에 別差異가 없었으며 따라서 體表의 熱絕緣度가 女子群에서 男子群에 比하여 意義있게 컸으나 體表熱絕緣度와 皮下脂肪層두께와의 相關關係를 볼 때 全群에서 年齡別 및 性別差異가 없었으며 또한 非脂肪性인 絕緣된 體表組織의 熱絕緣度는 體表血管收縮程度에 依해서 左右되는 것으로 이것 亦是 全群에서 同一하였다. 따라서 體表熱絕緣度의 差異는 全的으로 皮下脂肪層두께의 差異로 因한 것이라고 하겠다.

(4) 臨界水溫 및 體表의 熱絕緣度値를 文獻上에 報告된 成績과 比較考察하였으며 아울러 非脂肪性인 絕緣된 體表組織의 두께를 算出하여 比較한 바 臨界水溫 및 體表熱絕緣度의 差異가 顯著하였는데 이는 民族的인 生活環境의 差異에 그 原因이 있는 것으로 思料된다.

(5) 上記한 바와 같은 成績은 文獻上에 報告 된 바와 같이 高齡으로 됨에 따라 血管反應度에 變化를 招來하여 老人에서는 寒冷環境下에서 體表의 熱絕緣度가 클것이라는 假說을 韓國老人에서는 證明할 수 없으며 도리어 寒冷環境에서의 體溫의 物理的調節相은 年齡의 多少에 不拘하고 同一하다고 結論짓는 바이다.

參 考 文 獻

Allen, T.H., M.T. Peng, K.P. Chen, T.F. Huang, C. Chang, and H.S. Fang: *Prediction of total adiposity from skinfolds and the curvilinear relationship between external and internal adiposity. Metabolism 5:346, 1956.*

Baker, P.T., and F. Daniels, Jr.: *Relationship between skinfold thickness and body cooling for two hours at 15°C. J. Appl. Physiol. 8:409, 1956.*

Behnke, A.R., Jr., B.G. Feen, and W.C. Welham, W.C. Welham: *The specific gravity of healthy men. J.A.M.A. 118:495, 1942.*

Best, W.R.: *An improved caliper for measurement of skinfold thickness. J. Clin. Med. 43:967, 1954.*

Brandfonbrener, M., M. Landowne, and N.W. Shock: *Changes in cardiac output with age. Circulation 12:557, 1955.*

Brozek, J., and A. Keys: *Evaluation of leanness-fatness in man: Norms and interrelationships Brit. J. Nutrition 5:194, 1951.*

Burton, A.G.: *The application of the theory of heat flow to the study of energy metabolism. J. Nutrition 7:497, 1934.*

Burton, A.G., and H.C. Bazett: *A study of the average temperature of the tissues, of the exchanges of heat and vasomoter responses in man by means of a bath calorimeter. Am. J. Physiol. 117:36, 1936.*

Burton, A.C., and O.G. Edholm: *Man in a cold environment. Baltimore: Williams & Wilkins, 1955.*

Carson, L.D., A.C.L. Hsieh, F. Fullerton, and R.W. Elsner: *Immersion in cold water and body tissue insulation. J. Aviation Med. 29:145, 1958.*

Daniels, F., Jr., and P.T. Baker: *Relationship between body fat and shivering in air at 15°C. J.Appl. Physiol. 16:421, 1961.*

Davis, D.F., and N.W. Shock: *Age changes in glomerular filtration rate, effective renal plama flow, and tubular excretory capacity in adult males. J. Clin. Invest. 29:496, 1950.*

Davis, T.R.A.: *Chamber cold acclimatization in man. J. Appl. Physiol. 16:1011, 1961.*

DuBois, D., and E.F. DuBois: *A formula to estimate the approximate surface area in height and weight be known. Arch. Intern. Med. 17:863, 1916.*

Enger, P.S.: *Heat regulation and metabolism in some tropical mammals and birds. Acta Physiol. Scand. 40:161, 1957.*

Greenfield, A.D.M., and J.T.Shephered: *A quantitative study of the response to cold of the response to cold of the circulation through the fingers of normal subjects. Clin. Sci. 9:323, 1950.*

Hammel, H.T., R.W. Elsner, D.H. Le Messurier, and H.T. Anderson: *Thermal and metabolic responses of the Australian aborgine exposed to moderate cold in summer. J. Appl. Physiol. 14: 605, 1959.*

Hardy, J.D., and E.F. DuBois: *Regulation of heat loss from the body. Proc. Natl. Acad. Sci. 23s 624, 1937.*

Hardy, J.D., and E.F. DuBois: *Differences between man and women in their response to heat and cold. Proc. Natl. Acad. Sci. 26:389, 1940.*

Hardy, J.D., A.T. Milhorat, and E.F. DuBois: *Basal metabolic and heat loss of young women at temperature from 22°C to 35°C J. Nutrition 21:383, 1941.*

Hatfield, H.S., and L.G.C. Pugh: *Thermal conductivity of tissues. Nature 168:133, 1951.*

Hong, S.K.: *Comparison of diving and nondiving women of Korea. Fed. Proc. 22:831, 1963.*

Horvath, S.M., C.E. Radcliffe, B.K. Hutt, and G.B. Spurr: *Metabolic responses of old people to a cold environment. J. Appl. Physiol. 8:145, 1955.*

Horvath, S.M., G.B. Spurr, B.K. Hutt, and L.H. Hamilton: *Metabolic cost of shivering. J. Appl. Physiol. 8:595, 1956.*

Irving, L., and J. Krog: *Body temperatures of Arctic and Subarctic birds and mammals. J. Appl. Physiol. 6:667, 1954.*

Jepson, R.P.: *The effects of vascular occlusion and local cooling on finger skin blood flow. Clin Sci. 13:259, 1954.*

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.*

Keys, A., and J. Brozek: *Body fat in adult man. Physiol. Rev. 33:245, 1953.*

Krag, C.L., and W.B. Kountz: *Stability of body function in the aged; Effects of exposure of the body to cold. J. Gerontol. 5:227, 1950.*

LeBlanc, J.S.: *Subuctaneous fat and skin temperature. Can. J. Biochem. and Physiol. 23:354, 1954.*

Lewis, T.: *Observations upon the reactions of vessels of the human skin to cold. Heart 15:177, 1930.*

Milan, F.A., J.P. Hannon, and E. Evonuk: *Temperature regulation of Eskimos, Indians, and Caucasian in a bath calorimeter. J. Appl. Physiol. 18:378, 1963.*

Norris, A.H., N.W. Shock, and I.H. Wagman: *Age changes in maximum conduction velocity of moter fibers of human ulnar nerves. J. Appl. Physiol. 5:589, 1953.*

Pugh, L.G.C.E., O.G. Edholm, R.H. Fox, H.S. Wolff, G.R. Hexvey, W.H. Hammond, J.M. Tanner, and R.H. Whitehouse: *A physiological study of channel swimming. Clin Sci. 19:257, 1960.*

Rennie, D.W., B.G. Covino, B.G. Howell, S.H. Song,

B.S. Kang, and S.K. Hong: *Physical insulation of Korean diving women. J.Appl. Physiol. 17: 961, 1962 a.*

Rennie, D.W., G. Covino, M.R. Blair, and Rodahl: *Physical regulation of temperature in Eskimos. J. Appl. Physiol. 17:326. 1962 b.*

Scholander, P.F., and J. Krog: *Countercurrent heat exchange and vascular bundles in sloths. J. Appl. Physiol. 10:405, 1957.*

Scholander, P.F., H.T. Hammel, K.L. Anderson, and Y. Loyning: *Metabolic acclimation to cold in man. J. Appl. Physiol. 12:1, 1958 a.*

Scholander, P.F., H.T. Hammel, J.S. Hart, D.H. Le Messurier, and J. Steen: *Cold adaptation in Australian aborgines. J. Appl. Physiol. 13: 219, 1958 b.*

Shock, N.W.: *Current concepts of the aging process. J.A.M.A. 175:654, 1961.*

Shock, N.W., and M.J. Yiengst: *Age changes in basal respiratory measurements and metabolism in males. J. Gerontol. 10:31, 1955.*

Spurr, G.B., B.K. Hutt, and S.M. Horvath: *The effects of age on finger temperature responses to local cooling. Am. H.J. 50:551, 1955.*

Spurr, G.B., B.K. Hutt, and S.M. Horvath: *Shivering, oxygen consumption and body temperature in a acute exposure of men to two different cold environment. J. Appl. Physiol. 11:58, 1957.*