

쾌적한 의복설계를 위한 人體 피부 표면의 水分 蒸發量의 변화

— 자세와 부위별 증발량을 중심으로 —

Change of evaporation rate on local skin by posture
for designing comfortable clothing

덕성여자대학교 교양학부

조교수 박순자

日本文化女子大學 服裝學科

교수 田村照子

Division of Liberal Art Faculty Duksung Women's Unvi.

Assi. Prof.: Park, Soon Ja

Dept. of Clothing Hygiene faculty of Home Economics, Bunka Women's Univ.

prof.: Tamura Teruko

〈 목 차 〉

I. 서론

II. 방법

III. 결과 및 고찰

IV. 결론

참고문헌

〈 Abstract 〉

This study was conducted to obtain the basic data on designing the comfortable clothing. We investigated the difference of relative humidity, vapor pressure and evaporation rate on the human skin between subject's postures with the supine and sitting.

Experiments were performed at 28°C, 31°C and 34°C ± 0.5°C air temperature, 35 ± 5% R.H and 0.2m/s air movement in climatic chamber. The subjects were six women of 22~24 years old in wearing brassier and shorts. The measuring sites were upperarm, forearm, palm and hand on the upper body and thigh and foot on the lower body.

From the results, the significant difference among subjects and among sites on

the evaporation rate showed under the three conditions at 28°C, 31°C and 34°C air temperature. However, the difference between the supine posture on the Saran bed and the sitting posture on the chair existed at 31°C and 34°C air temperature that the subject began to sweat.

Especially at 34°C air temperature, that is, in the sweating zone, evaporation rate at the upperarm, forearm and back of the hand where they belong to the upper body was higher with the sitting posture than with the supine posture; the rate was lower, on the other hand, at the thigh and foot with the sitting posture. It is clear that the pressure-sweat response affected the local sweat rate.

I. 서론

쾌적한 의복을 설계하기 위한 기초 연구로서, 인체 피부 표면으로부터 水分이 蒸發할 때의 分布特性을 아는 것은 중요하다. 그래서 저자 등은 앞서 기온 25°C~37°C 하에서 바로 누운 姿勢를 한 나체 피험자의 피부 표면 蒸發量을 전신 29 부위에서 조사하여 그 分布, 기온 상승에 따른 증발량의 변화 등에 대하여 상세히 검토하였다.¹⁰⁾ 그 결과 발한이 일어나는 기온 34°C~37°C 범위에 있어서의 증발량은 상반신보다 하반신에서 많음이 밝혀졌다. 그러나 앉은 자세를 대상으로 한 다른 연구 결과²⁾³⁾⁴⁾ 및 저자들에 의한 앉아서 운동할 때의 실험 결과⁹⁾를 보면 증발량이 많은 신체 부위로는 胸部, 背部 등의 上半身이 제1위를 차지하여 前報와 모순되는 결과를 얻었다. 그래서 本 研究에서는 이 모순의 원인의 하나라고 생각되는 인체의 자세가 發汗 分布에 미치는 영향에 대하여 검토해 보았다. 이미 생리학 분야에서는 인체 표면에 가해지는 壓力이 해당 부위의 발한을 억제한다는 이른바 壓-發汗反應이 알려져 이것에 관한 몇편의 보고서가 나와 있다.¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾ 따라서 본 연구에서는 저자 등의 前報 결과의 모순을 이 發汗反應으로 설명가능한지의 여부와 동일 부위가 동일 환경에 노출 되었을 때 바로 누운 자세와 의자에 앉은 자세의 발한량의 차이를 비교·검토해 보았다. 그 결과, 몇가지 결과를 얻었으므로 이를 보고하고자 한다.

II. 방법

실험은 기온 28°C, 31°C, 34°C±0.5°C의 3단계, 습도 35%±5%, 기류 0.2m/s 이하, 방사열이 없는 인공기후실 내에서 실시하였다. 인공기후실의 온·습도 조절은 실험 직전까지로 하고, 실험중에는 작동을 중지해서 자연 상태로 두었는데, 이 조건은 前報¹⁰⁾에서와 같이 환경의 상대습도가 증발량에 영향을 미쳐 상대습도가 증가할 때 증발량은 감소하는 결과를 확인했으므로 이와같이 실험조건을 설정하였다.

피부표면의 상대습도, 수증기압, 증발량의 측정에는 Evaporimeter(Sweden제)를 사용하였다. 이것은 피부 표면의 상대 습도, 수증기압, 증발량을 계산하는 장치로 피부 인접층의 온·습도 구배를 측정하여 다음 식에 의해 단위 시간당, 단위 면적당 증발량이 계산된다.

$$1/A \cdot dm/dt = -D dp/dx$$

여기서 A : 측정부위의 표면적 (m²)

m : 이동한 수분의 중량 (g)

t : 시간

D : 정수, 0.0877g/mh · (mmHg) 확산 계수에 관련함.

p : 공기중의 수증기압 (mmHg)

x : 측정부위의 피부표면으로부터의 거리 (m)

피부 표면의 상대 습도, 수증기압, 증발량의 측정

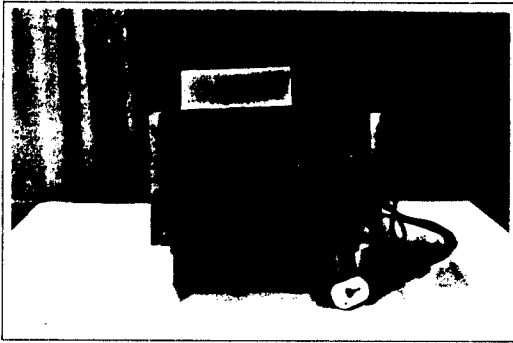


Fig.1 Evaporimeter and its relative humidity sensors and thermistors

은 1분간 10초마다 측정하고, 한 부위에서 다른 부위로의 측정 간격은 2분으로 하였다. 측정된 데이터는 휴대용 데이터집적장치에 자동적으로 기록되어 컴퓨터에 입력되도록 하였다. 피험자의 자세는 바로 누운 자세 및 의자에 앉은 자세로 하였다. Evaporimeter의 특성으로서 측정시에는 원칙적으로 probe를 피부표면에 수평으로 놓아야만 측정가능하므로 측정부위는, 바로 누운 자세에서는 물론 의자에 앉은 자세에서도 수평을 유지할 수 있는 부위, 즉 상완, 전완, 손바닥, 손등, 대퇴, 발등의 6부위로 하였다. 증발량은 前報¹³에서 유도된 다음 식에 의해 보정되었다. 보정식 $Y = 2.06 + 2.53X$ 에서 X는 실측치이고 Y는 보정치를 나타낸다. 실험 시기는 1991년 6~7월, 피험자는 22~24세의 여자 6명으로 그 신체 특성은 표 1에 나타내었다. 착의 조건은 브래지어와 팬티만으로 하고, 실험실에 들어가 20

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Body surface area (m ²)
O.K	22	169	79	1.82
N.O	22	166	60	1.66
K.O	22	156	53	1.51
K.K	22	151	49	1.40
U.T	22	159	49	1.47
T.M	24	164	53	1.58

분간 안정을 취한 후 측정을 시작하였다. 바로 누운 자세와 의자에 앉은 자세의 측정 순서는 무작위로 하였다.

III. 결과 및 고찰

前報¹³에서는 증발량의 측정장치인 evaporimeter의 원리와 측정방법 및 보정방법에 대하여 자세히 검토하였다. 또한 前報¹⁰에서는 인체 피부로부터의 수분 증발량의 분포를 전신 29부위로부터 조사하여 그 분포가 기온에 따라 어떻게 변화하는가를 불감증설이 되는 온도(25℃, 28℃ 및 31℃)와 발한이 되는 온도(34℃와 37℃)의 두 범위로 분류하여 검토하였다. 본 연구에서는 이 결과를 일상의 衣服設計에 적용시키기 위한 목적에서 바로 누운 자세시와 의자에 앉은 자세시에 있어서 발한양 또는 증발량의 차를 명백히 하기 위하여 기온 28℃, 31℃ 및 34℃하에서 증발량을 조사하였다.

기온 28℃, 31℃, 34℃의 조건에서 바로 누운 자세와 의자에 앉은 자세의 2가지 자세로 측정된 피부면 6 부위의 상대 습도, 수증기압, 증발량의 평균치 및 표준 편차를 표 2-a, b, c에 나타내었다. 그림 2-a, b, c는 바로 누운 자세에 있어서 상대 습도, 수증기압, 증발량의 각 기온하에서의 평균치 및 95%의 신뢰 구간을 나타내고 있다. 손바닥은 어떤 기온하에서도 현저히 높은 증발량을 나타내 기온 변화에 따른 증발량의 변화가 거의 보이지 않는 이른바 정신성 발한이 일어나는 부위임을 알 수 있다. 또, 상대

Table 2-a The mean and standard deviation of relative humidity on the human body surface by air temperatures and postures

(unit : %)

Posture	Site	28℃		31℃		34℃	
		Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
Supine	Upperarm	29.30	5.30	34.08	5.04	35.64	6.06
	Forearm	28.70	4.55	33.07	3.98	36.38	6.42
	Palm	43.23	10.65	49.86	8.98	48.01	5.58
	Hand	32.65	6.92	37.33	5.41	40.78	7.39
	Thigh	28.95	4.01	33.66	5.49	47.28	14.18
	Foot	30.83	5.24	36.69	5.91	41.09	8.17
Sitting	Upperarm	31.79	6.16	37.01	3.65	38.54	4.26
	Forearm	32.73	5.23	36.25	3.02	39.28	5.89
	Palm	48.56	10.34	53.09	10.34	46.50	9.28
	Hand	34.65	7.13	39.16	4.39	42.25	6.34
	Thigh	32.45	4.07	35.63	3.14	39.26	7.58
	Foot	30.15	12.40	40.94	6.69	36.75	7.28

Table 2-b The mean and standard deviation of vapor pressure on the human body surface by air temperatures and postures

(unit : mmHg)

Posture	Site	28℃		31℃		34℃	
		Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
Supine	Upperarm	11.67	0.72	14.40	2.03	16.17	1.59
	Forearm	11.50	1.03	13.92	1.68	16.62	1.56
	Palm	18.40	1.14	21.05	0.85	22.48	2.50
	Hand	13.36	1.31	15.78	1.73	18.35	1.82
	Thigh	11.44	0.89	13.73	1.84	21.28	4.72
	Foot	12.24	0.88	15.09	2.08	18.34	1.44
Sitting	Upperarm	12.95	1.09	15.30	1.41	17.33	2.32
	Forearm	12.84	1.11	15.16	1.39	17.92	3.50
	Palm	20.46	2.41	22.58	3.18	22.92	1.84
	Hand	13.86	1.20	16.34	1.80	22.29	6.77
	Thigh	12.57	0.40	15.00	3.05	19.66	3.51
	Foot	13.28	0.59	17.23	2.34	18.22	2.85

Table 2-c The mean and standard deviation of evaporation rate on the human body surface by air temperatures and postures

(unit : g/m²h)

Posture	Site	28℃		31℃		34℃	
		Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
Supine	Upperarm	11.12	2.35	12.42	3.18	15.55	5.61
	Forearm	10.81	5.14	11.54	3.69	22.97	14.59
	Palm	94.16	3.35	105.84	28.59	89.99	17.80
	Hand	20.89	3.86	21.64	6.28	41.09	21.31
	Thigh	12.34	3.60	17.91	7.88	71.67	37.42
	Foot	21.72	2.66	30.00	18.28	62.94	13.38
Sitting	Upperarm	12.44	2.83	15.65	4.02	38.91	21.95
	Forearm	10.84	1.95	16.66	7.13	46.61	32.89
	Palm	97.89	19.11	107.55	16.72	85.87	18.75
	Hand	21.89	4.81	27.88	7.63	79.14	56.99
	Thigh	12.85	3.71	28.14	25.80	53.74	25.27
	Foot	14.84	4.56	39.81	34.57	56.55	22.07

습도, 수증기압의 결과는 어떤 기온하의 결과에서도 거의 유사하다. 따라서 정신성 발한 부위인 손바닥을 제외하고 상대 습도, 수증기압은 생략하여 증발량을 중심으로 결과를 고찰하려고 한다.

그림 3-a, b, c는 기온 28℃, 31℃, 34℃의 각 환경 조건하에 있어서 5 부위의 피부표면으로부터의 증발량의 평균치와 95%의 신뢰한계를 바로 누운 자세와 의자에 앉은 자세를 비교한 것이다. 또 표 3-a, b, c, 는 각 기온별로 A(개인차), B(부위), C(자세)를 요인으로 하는 3원배치 분산 분석 결과를 정리한 것이다. 표 3 및 그림 3에서와 같이 증발량의 개인차, 부위차는 기온 28℃, 31℃, 34℃의 3조건하에서 유의성을 보이나, 자세에 의한 차는 31℃, 34℃하에서만 유의차(p<.05)를 나타내 발한이 일어나기 시작되는 기온에서부터 유의차가 보임을 알 수 있다. 즉 不感蒸泄이 되는 28℃에서는 자세에 의한 반사 반응은 인정되지 않고 發汗이 되는 온도에서만 壓-反射 영향이 나타남을 알 수 있다. 표 3-c의 분산 분석표에 의하면, 자세차에 개인요인, 부위요인 사이에 높은 交互작용이 있음을 나타내 壓-反射의 영향은 개인에 따라 또, 각 部位마다 일률적이지 않음을 알 수 있

다. 그림 3-c에 의하면 상완, 전완, 손등에서는 누웠을 때보다 앉았을 때가, 또 대퇴, 발등에서는 앉았을 때보다 누웠을 때에 증발량이 증가해, 상반신과 하반신의 측정치가 逆轉하고 있다. 이것은 상반신은 누웠을 때가 앉았을 때보다 背部에 壓이 걸려, 이것이 누운 자세에서 壓에 의한 발한억제를 가져온 것으로 고찰되어지며, 한편 하반신은 누웠다가 앉은 자세를 취하면 상반신에 걸렸던 壓이 座骨部에 壓이 가산되어 앉은 자세에서의 발한억제를 가져온 것으로 고찰되어진다. 壓-反射에 의한 발한억제 정도는 개인차도 크고 명확하지는 않으나, 평균치로 보면 상완에서는 60.0%, 전완에서는 50.7%, 손등 48.1%가 억제되어 그 억제된 양은 결코 적지 않다. 상반신에서는 전체적으로 壓이 걸려 증발량의 變化量이 극히 크다. 이것이 상반신에 있어서 자세차를 크게 한 원인이라 생각되어진다. 한편, 하반신에서는 앉은 자세에서도 누운 자세에서도 壓이 걸려 壓-反射의 영향이 작아져서, 壓-反射의 영향정도가 누운 자세에서 감소하기 때문에 蒸發量의 변화량도 대퇴 25.0% 발등 10.2%로 상반신에 비해 작아졌다.

이상의 결과에 비추어 볼 때 저자 등의 前報에서

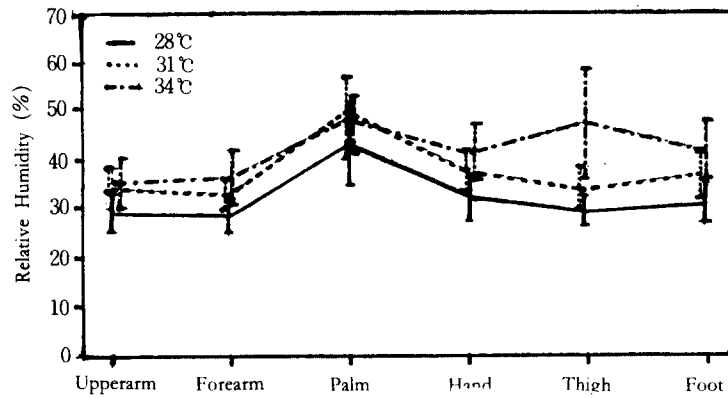


Fig.2-a Relative humidity of the six sites on the human body surface by air temperature

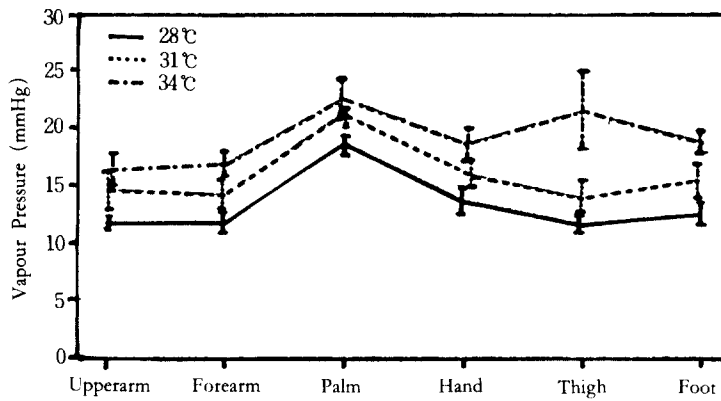


Fig.2-b Vapor pressure of the six sites on the human body surface by air temperature

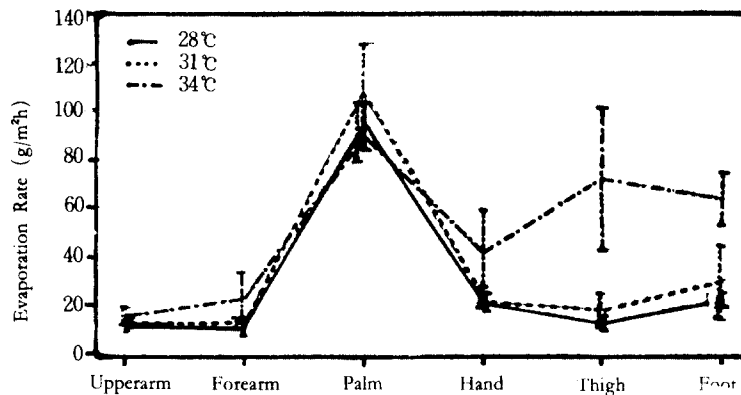


Fig.2-c Evaporation rate of the six sites on the human body surface by air temperature

Table 3-a ANOVA Table of the three-way design between measuring sites and postures at 28°C air temperature

SV	SS	DF	MS	FS
A(subject)	279.62	5	55.92	6.608**
B(site)	963.56	4	240.89	28.464**
AB	424.24	20	21.21	2.506*
C(posture)	3.30	1	3.30	0.390
AC	44.98	5	9.00	1.063
BC	87.49	4	21.87	2.584
Error	169.26	20	8.46	

Table 3-b ANOVA Table of the three-way design between measuring sites and postures at 31°C air temperature

SV	SS	DF	MS	FS
A(subjects)	3180.08	5	636.02	5.162**
B(site)	3564.91	4	891.23	7.233**
AB	7630.35	20	381.52	3.096**
C(posture)	653.07	1	653.07	5.300*
AC	1373.44	5	274.69	2.229
BC	123.34	4	30.83	0.250
Error	2464.36	20	123.22	

얻어진 발한 분포 즉 바로 누운 자세에서 발한이 시작되면 하반신의 발한량이 현저히 증가한다는 것은 신뢰할 수 있는 결과로서, 잠옷의 설계나 침상내 습도의 측정시에 기본적인 정보가 되리라 생각되어진다. 한편 본 연구의 결과를 이용하여 누운 자세의 분포로부터 앉은 자세의 분포를 예측하면 의자에 앉은 자세에서는 상반신과 하반신의 분포가 균일화해 상반신 중 높은 증발량을 나타낸 背部와 胸部가 全身적으로 볼때 높은 발한 부위가 됨을 짐작할 수 있다. 이상의 결과로부터 누운 자세의 증발량 분포를 앉은 자세와 바로 선 자세에 직접 응용하는 것은 위험한 일이며 자세에 의한 수정이 필요하다는 것이

Table 3-c ANOVA Table of the three-way design between measuring sites and postures at 31°C air temperature

SV	SS	DF	MS	FS
A(subjects)	12542.29	5	2508.46	4.993**
B(site)	13232.67	4	3308.17	6.585**
AB	10026.57	20	501.33	0.998
C(posture)	2213.25	1	2213.25	4.406*
AC	16673.57	5	3334.71	6.638**
BC	6531.63	4	1632.91	3.251*
Error	10046.91	20	502.35	

*P<.05, **P<.01

본 실험 결과 實證되었다. 앞으로 실험예의 數를 늘려 본 연구의 제한점을 보완하고 보정치 그 자체를 확립해 나가야 한다고 사료된다.

IV. 결 론

패적인 의복을 설계하기 위한 기초 연구로서 자세에 따른 인체 피부 표면의 증발량을 부위별로 검토하였다. 기온 28°C, 31°C, 34°C, 습도 35±5% RH, 기온 0.2m/s로 설정된 인공기후실에서 성인 여자 6명의 피험자를 대상으로 실험을 실시하였다. Evaporimeter로 피부 표면의 부위별 수분 증발량을 측정 한 결과, 바로 누운 자세시와 의자에 앉은 자세시의 증발량에는 다음과 같은 차이를 보였다.

- ① 피험자간, 부위간 증발량이 유의차는 기온 28°C, 31°C 및 34°C에서 나타났다.
- ② 바로 누운 자세와 의자에 앉은 자세의 자세차에 의한 유의차는 발한이 시작되는 온도에서부터 나타나 기온 31°C 및 34°C에서만 유의차를 보였다.
- ③ 특히 34°C에서는 누운 자세에서보다는 의자에 앉은 자세에서 상반신에 속하는 상완, 전완, 손등이 높았으며, 하반신에 속하는 대퇴 발등은 낮았다.

이상의 결과로부터 壓·發汗 반응은 부위별 발한량

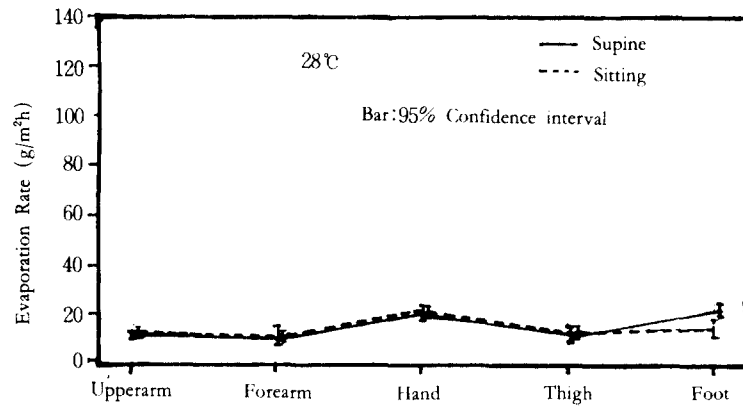


Fig.3-a Mean and 95% confidence interval of the evaporation rate on the 5 sites at 28°C

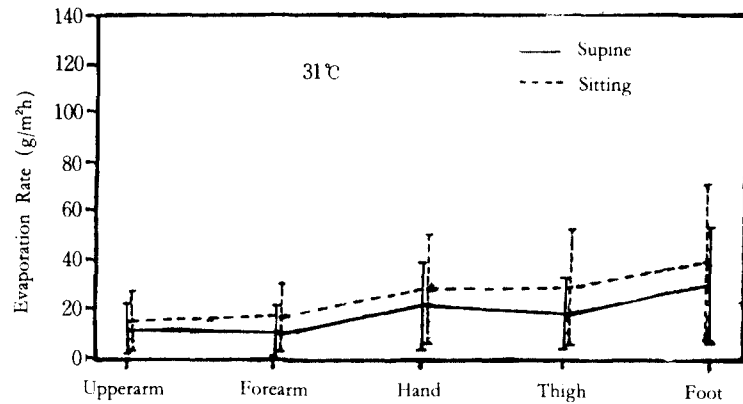


Fig.3-b Mean and 95% confidence interval of the evaporation rate on the 5 sites at 31°C

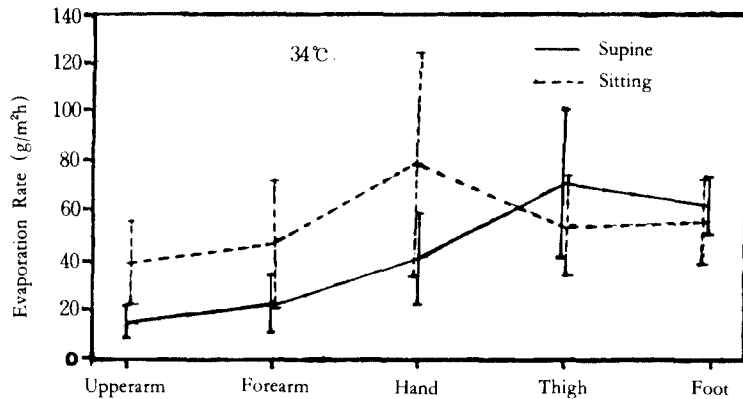


Fig.3-c Mean and 95% confidence interval of the evaporation rate on the 5 sites at 34°C

에 영향을 미침이 명백해져 누운 자세시의 증발량 측정치를 앉은 자세나 선 자세에 응용하려고 할 때는 자세에 의한 보정이 필요함이 실증되었다.

【참고문헌】

- 1) 長谷川弘, 壓一發汗反應に關する研究補遺, 日本生理學雜誌, 16, 1954, 578-585.
- 2) Kuno, Y., The Physiology of human perspiration, J and A Churchill, London, 1934, 120-123.
- 3) Kuno, Y., Human perspiration, Charles C Thomas, Springfield, 1956, 204-210.
- 4) 中山昭雄, 溫熱生理學, 理工學社, 1981, 149-150.
- 5) 中山昭雄, 入來正躬, 新生理科學大系, 22, 1987, 162-164.
- 6) 小川德雄, 發汗の機序について, 第4回人間-熱シンポ報告集, 1980.
- 7) 小川德雄, 朝山正己, 伊藤嘉紀, 皮膚壓及びハリによる區域的發汗抑制, 自律神經, 18, 1981, 246-253.
- 8) 小川德雄, 伊藤路子, 宮側敏明, 朝山正己, 溫熱性發汗發現の部位差について, 日生氣誌, 16(1), 1979, 22-29.
- 9) 朴順子, 快適衣服設計のための人體表面水分蒸發量の分布及びその變動要因に關する研究, 日本文化女子大學 大學院, 博士學位論文, 1992, Chap. 8.
- 10) Park, S. J. and Tamura, T., Distribution of Evaporation Rate on Human Body Surface, Jpn. Ann. Physiol, Anthropol., 11(6), 1992.
- 11) Park, S. J. and Tamura, T., Measurement of Regional Evaporation Rate from Skin Surface by Evaporimeter, Jpn. Ann. Physiol, Anthropol., 11(4), 1992.
- 12) 菅屋潤壹, 小川德雄, 朝山正己, 宮側敏明, 溫熱性發汗發現の部位差と發汗能との關係, 日生氣誌, 18(2), 1981, 72-79.
- 13) Tadaki, E., Kimura, K. and Takagi, K., Hemihydrosis due to skin pressure with particular remarks on the indensity and area of the pressure stimuli, Jpn. J. Physiol, 30, 1981, 259-265.
- 14) Takagi, T., A sweat reflex due to pressure on the body surface, Jpn. J. Physiol, 1, 1950, 22-28.