

## 인체 열쾌적성의 계절 비교

정운선

안동대학교 생활과학대학 의류학과

### Seasonal Comparison in Thermal Comfort of the Human Body

Jeong, Woon Seon

Dept. of Clothing & Textiles, Andong National University, Andong, Korea

#### ABSTRACT

This study was carried out to compare human thermoregulatory responses and preferred air temperature by feet immersion between summer and winter in terms of thermal comfort. Five healthy female university students participated in the study as subjects. They experienced feet immersion at 40°C of water in the climatic chamber of 24°C, 50%RH from 19:30 to 21:00 in the summer and winter, respectively. Rectal temperature gradually decreased and maintained 0.08°C lower in winter than summer, while mean skin temperature changed 0.4°C greater in winter than summer(p=0.00). Air temperature selected by each subject for their thermal comfort revealed 0.8°C higher in summer than winter(p=0.06). The results obtained suggest an increase in human thermoregulation and be used as preliminary data to maintain optimal indoor temperature in summer and winter.

**Key words:** thermal comfort, summer and winter, human thermoregulatory responses, preferred air temperature, feet immersion

#### I. 서론

우리나라에서는 예로부터 머리는 차갑고 발은 따뜻하게 유지하는 것이 건강 유지에 도움이 된다고 알려져 있는데, 발을 따뜻하게 하는 방법은 일본과 독일에서 민간요법의 일환으로 애용되고 있다고 한다(김종수 2010). 최근에는 상반신과 하반신의 온도가 불균일함에 따라 혈액순환이 원활하지 않아 몸이 냉해진다고 하여 몸의 냉기를 제거하기 위한 방법으로서 반신욕이 권장되고 있

다. 반신욕은 하체만 따뜻하게 데워줌으로써 전신의 온도 균형을 맞추고 신진대사를 활발하게 하는 건강보조 요법으로서 피로 회복, 감기 예방과 치료, 하지 냉증 해소, 노인의 신진대사 활성화 등에 효과가 있다고 한다(주간조선 2000). 그러나 시간과 장소에 제한을 받기 때문에, 반신욕의 효과를 기대할 수 있으면서도 가정에서 손쉽게 실시할 수 있는 족욕이 선호되고 있다(정운선 2007). 한편, 한방에서는 10~20분 정도 40~42°C의 더운 물에 무릎 아래 부위를 담그는 족탕(足湯)

접수일: 2010년 10월 28일 심사일: 2010년 11월 8일 게재확정일: 2010년 11월 28일

**Corresponding Author:** Jeong, Woon Seon Tel: 82-54-820-5501

e-mail: wsj@andong.ac.kr

을 하면 감기를 떨치는 데 도움이 된다고 하는데 (이성주 2010), 정운상(2009)은 올바른 족욕 방법을 제시하면서 족욕과 반신욕의 기본 원리는 같다고 하였다. 또한 서희숙(2007)은 노인을 대상으로 하여 취침 전에 30분간의 족욕을 실시한 연구에서 족욕 후 노인들의 수면량과 수면만족도가 증가하고 피로도가 낮아졌다고 보고하기도 하였다.

사지말초부가 체열관리에 있어서 중요한 역할을 한다는 것은 다수의 연구를 통해 밝혀졌지만, 아침과 저녁에 족부온욕과 족부냉욕을 실시하여 인체의 행동성 체온조절반응을 비교한 선행연구(정운선 2007)에서는 아침에 발의 온도를 낮게 유지하고 저녁에 발의 온도를 높게 유지하는 것이 체온조절의 기능적 관점에서 볼 때 더 효과적이라고 하였다.

한편, 사계절이 뚜렷한 우리나라는 지구 온난화 현상이 지속됨에 따라 해를 거듭할수록 계절간 기후 차이가 좁혀지는 경향이 있다. 주택을 포함한 각종 건물은 냉난방시설을 갖추고 있어, 사람들이 선호하는 실내온도는 여름에 낮아지고 겨울에는 높아지고 있는 추세에 있다. 이와 같은 기후변화와 선호온도에 따라 인체의 기후적응성 또는 계절적응 능력에도 변화가 있을 것으로 추측된다. 인체의 기후적응성과 체온조절기능은 불가분의 관계에 있는데, 인체에 가해지는 온열 자극과 인체가 접하고 있는 기후환경에 따라 체온조절반응이 변화하게 된다. 왜냐하면 인체의 심부체온은 체내에서 화학적 과정을 거쳐 생성되는 산열과 물리적 과정에 의해 체외로 손실되는 방열과의 체열평형에 의해 일정하게 유지되는데, 이 때 체열의 불균형이 형성되면 피부혈관의 수축과 이완, 떨림과 발한 등으로 인해 체온이 올라가거나 내려가게 되고 이와 함께 우리 몸은 추위나 더위를 민감하게 느끼게 되기 때문이다.

사지부 온열상태가 자율성 체온조절에 미치는 영향에 관한 연구는 국내외적으로 다양한 환경에서 수행되었다(성유진·이순원 1997; 이종민·이순원 1994; 정운선·登倉尋實 1991; 정운선 1994, 1997; 정운선·Kenney 1998; Aschoff & Heise 1972; Hardy & DuBois 1937; Jeong & Tokura 1988, 1989, 1993). 그럼에도 불구하고 발의 온도

를 일정하게 유지한 후 쾌적온도 선택에 의한 체온조절반응의 계절별 차이를 관찰한 연구는 별로 없다. 그러므로 이 연구에서는 체온조절반응에 미치는 영향력을 고려하여 발의 온도를 일정하게 하면서도 건강 측면에서 선호되는 족욕을 실시함으로써 인체의 체온조절반응과 실내 쾌적온도를 여름과 겨울에 측정하여 열쾌적성의 관점에서 계절 차이를 비교하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 피험자

정신적으로나 신체적으로 특별한 질환이 없는 8명의 여대생들이 자발적으로 실험에 참여할 의사를 나타내었다. 피험자들은 실험의 목적과 전반적인 내용에 관해 숙지한 후 피험자동의서에 서명하였다. 8명의 피험자 중 3명의 피험자를 제외한 5명만이 여름과 겨울 실험에 모두 참여하였으며, 이들의 신체적 특징은 Table 1과 같다. 피험자들은 1명(S1)을 제외하고는 정상체중을 유지하고 있었는데, 피험자들이 모두 여성이므로 생리주기가 체온조절반응에 미치는 영향을 최소화하기 위해 각 피험자는 생리가 끝난 후 1주일 내에 실험에 참여하였다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Subject	Age	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m <sup>2</sup> ) <sup>1)</sup>	BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2)</sup>
S1	22	162.0	46.9	1.474	18.0
S2	22	152.9	44.0	1.376	19.1
S3	21	170.9	58.0	1.677	20.0
S4	20	169.4	62.2	1.717	21.4
S5	20	169.5	54.4	1.622	18.8

$$1) \text{ BSA(Body Surface Area)} = \text{Height}^{0.725} \times \text{Weight}^{0.425} \times 0.007184$$

$$2) \text{ BMI(Body Mass Index)} = \text{Weight} \div (\text{Height} \times \text{Height})$$

### 2. 실험방법

실험은 여름(7월~8월)과 겨울(1월~2월)에 24℃,

50%RH로 설정된 인공기후실에서 19:30~21:00에 각각 실시되었다. 실험의 전반부는 선행연구(정운선 2007)에서 채택한 순서와 유사한 방법으로 실시되었으며 그 내용은 다음과 같다. 피험자는 저녁식사를 마친 후 약 1시간 30분이 지난 다음 인공기후실에 입실하여 자신의 속옷 위에 실험복(반소매 티셔츠, 반바지)을 입은 후 체성분측정기(InBody 4.0, Biospace Co., Korea)로 신장과 체중을 측정하였다. 이어서 체온과 피부온 측정용 서미스터(Hybrid Recorder K370, Technol Seven Co., Japan)의 직장온 프로브를 항문 속에 직접 삽입하고 편안한 의자에 앉은 후 피부온 프로브를 이마, 가슴, 전완, 손등, 대퇴, 하퇴, 발등에 고정시키고 나서 30분간 안정 상태를 유지하였다. 이어서 피험자는 40℃로 조절된 족탕기(Tomato Emperor Foot Bathtub, Korea)에 30분 동안 두 발을 담가 족욕을 실시하였다. 족욕 후 30분이 경과하면 발의 물기를 제거하고 족욕 전과 같은 자세로 30분간 안정 상태를 취하였다.

이와 같은 과정이 끝나면 피험자 자신이 쾌적하다고 느끼는 온도를 선택하였다. 피험자가 인공기후실 내의 온도를 변경하기를 원하면, 인공기후실 안에 있는 피험자 본인이 선택한 온도를 알 수 없도록 인공기후실 밖에 있는 실험자가 인공기후실의 온도를 올리거나 내리도록 하였다. 피험자가 일정 온도를 선택한 후 10분 간 온도를 변경하지 않으면 이 때의 실내 온도를 피험자의 쾌적온도라고 간주하고 실험을 종료하였다.

직장온과 피부온 외에도 의복내 온도와 습도(Ondotori TR-72S, T&D Co., Japan), 혈압과 맥박(BP2510, BRAUN Co., Germany), 주관적 쾌적감과 온랭감을 각각 5분 간격으로 측정하였다. 이상의 측정값으로부터 공식을 이용하여 평균피부온과 평균혈압을 아래와 같은 방법으로 산출하였다. 한편 실험에서 얻은 데이터는 SPSS 12.0 for windows를 이용하여 겨울과 여름에 각 항목별로 측정된 데이터를 paired t-test로 검정하였다.

$$\begin{aligned} \text{평균피부온}(^{\circ}\text{C}) &= 0.07 \times \text{이마피부온} + 0.35 \times \text{가슴피부온} + 0.14 \times \text{아래팔피부온} + 0.05 \times \text{손등피부온} + 0.19 \times \text{넓적다리피부온} \\ &+ 0.13 \times \text{종아리피부온} + 0.07 \times \text{발등피부온} \end{aligned}$$

$$\text{평균혈압}(\text{mmHg}) = \{ \text{수축기혈압} + 2(\text{확장기혈압}) \} \div 3$$

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 안정시 생리 반응

피험자가 인공기후실에서 직장온과 피부온 측정 등의 실험 준비를 마치고 30분간 편안한 상태에 있을 때 직접 측정하였거나 계산에 의해 얻은 생리반응의 결과를 여름과 겨울로 구분하여 Table 2에 제시하였다.

Table 2. Physiological parameters during equilibration period before feet immersion at 40℃ in summer and winter

	Summer	Winter
Rectal temperature (℃)	37.2±0.1	37.4±0.1
Mean skin temperature (℃)	33.4±0.2	32.2±0.2 <sup>†</sup>
Head skin temperature (℃)	34.8±0.1	34.8±0.4
Chest skin temperature (℃)	34.9±0.3	35.0±0.3
Forearm skin temperature (℃)	31.9±0.4	30.3±0.3 <sup>†</sup>
Hand skin temperature (℃)	33.3±0.6	30.6±1.1
Thigh skin temperature (℃)	33.3±0.3	31.3±0.2 <sup>**</sup>
Leg skin temperature (℃)	31.0±0.1	30.1±0.2 <sup>†</sup>
Foot skin temperature (℃)	31.8±0.8	27.0±1.3 <sup>†</sup>
MAP (mmHg) <sup>1)</sup>	82±3	85±3
Pulse rate (beats/min)	71±3	77±3
Innermost clothing temperature (℃)	32.9±0.2	32.7±0.4
Innermost clothing humidity (%RH)	34±2	27±1 <sup>**</sup>

Values obtained from the last 10 min are represented as mean±SE. † p<0.1, \*p<0.05, \*\*p<0.01.

<sup>1)</sup> Mean Arterial Pressure

직장온은 겨울이 여름보다 높게 보이나 유의한 차이가 없는 것으로 보아, 산열과 방열에 의

한 체열의 평형이 여름과 겨울에 동일한 수준에서 이루어진 것으로 보인다. 그러나 신체 7부위의 피부온도로부터 얻은 평균피부온은 여름이 겨울보다 1.2°C 높게 유지되었다( $p<0.05$ ). 이러한 결과는 칼로리미터를 사용하여 22°C~35°C에서 직장온과 피부온의 변화를 관찰한 연구(DuBois et al. 1952)나 신체 각 부위별 피부온의 계절 변화를 제시한 자료(이순원 등 2005; 田村 1985)에서 제시한 바와 다르지 않다.

그러나 이마와 가슴의 피부온은 여름과 겨울에 차이가 전혀 없었고 사지부의 피부온은 겨울에 낮게 유지된 것으로 나타났다. 그러므로 평균 피부온이 겨울에 유의하게( $p<0.05$ ) 낮은 것은 주로 하지부 피부온의 차이에 기인하는 것으로 보이며 그 중에서도 특히 넓적다리와 종아리 피부온의 차이가 크게 영향을 미친 것으로 나타났다(넓적다리:  $p<0.01$ , 종아리:  $p<0.05$ ). 이와 같이 외기온의 변화에 따라 신체의 상지부보다 하지부의 온도 변화가 큰 것은 Hardy와 DuBois(1937)의 연구 결과와도 일치하는 것이다. 그러나 발등의 피부혈류량으로 입증된 발등의 온도는 이와 같은 결과에 크게 영향을 미치지 못하였다( $p<0.1$ ).

혈압과 맥박은 모두 여름보다 겨울에 높게 유지되었으나 그 차이는 유의하지 않았다. 의복 내 온도는 여름이 겨울보다 0.2°C 더 높게 유지되었으나 유의한 차이는 없었는데, 의복 내 습도는 여름이 겨울보다 7% 높게 유지되었다( $p<0.01$ ). 피험자가 발한을 느꼈거나 가시적인 발한이 없었으므로 의복 내 습도에서 유의한 차이가 있었던 것은 다음과 같이 설명된다. 인체는 여름에 발한하기 쉽고 또한 발한에 익숙해지는데, 이것은 기후순화의 현상이라고 할 수 있겠다. 한편, 피부면적이 다른 경우에 발한량과 불감증설량이 다른 결과를 구체적인 그림으로 제시한 연구(Jeong & Tokura 1989)는 평균피부온이 불감증설에 영향을 끼치는 것을 보여준 좋은 예라 할 수 있으므로, 본 연구에서 불감증설량이 겨울보다 여름에 더 많았다는 결과는 평균피부온이 겨울보다 여름에 유의하게 높았다는 사실에 일차적으로 기인했을 것으로 본다.

## 2. 직장온과 피부온 반응

30분간 40~41°C에서 족욕 후 다시 30분간 편안한 자세를 유지하였을 때의 직장온과 평균피부온의 반응을 Fig. 1에 제시하였다. 그림에서 0분은 족욕 직전 안정기 마지막 10분 동안의 직장온과 평균피부온의 평균값을 의미한다. 직장온은 족욕을 시작했을 때부터 회복기까지 60분 동안 서서히 하강하여 여름에는 평균 -0.06°C, 겨울은 평균 -0.14°C 내려갔으며 계절 간에 유의한 차이를 보였다( $p=0.00$ ). 직장온과 달리 평균피부온은 족욕시 상승하다가 회복기에는 족욕 전의 상태로 되돌아가는 경향을 보였으며 변화율은 겨울에 평균 0.6°C로서 여름보다 0.4°C 높은 값을 나타내었다( $p=0.00$ ).

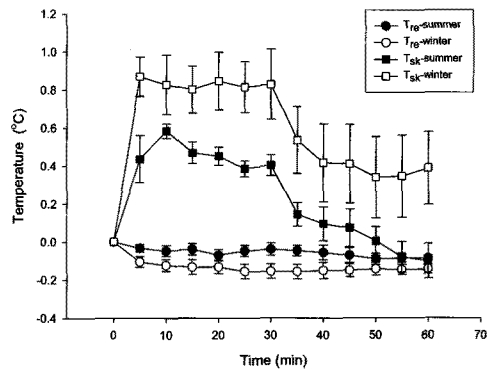


Fig. 1. Changes of rectal temperature( $T_{re}$ ) and mean skin temperature( $T_{sk}$ ) from the baseline through the feet immersion at 40°C (the first half of 30 min) to the recovery (the latter half of 30 min) in summer and winter.  $p=0.00$  between summer and winter in  $T_{re}$  and  $T_{sk}$ .

한편, Fig. 2에서 보는 바와 같이 족욕의 직접적인 영향을 받은 발등의 피부온은 계절 간 변화양상에 뚜렷한 차이를 나타내었다. 즉 여름의 평균 변화율은 4.0°C, 겨울은 7.5°C로서 계절 간 차이가 크게 나타났다( $p=0.00$ ). 이와 같은 결과는 겨울이 여름보다 발등의 온도가 낮게 유지된 데 기인한 것으로 보인다(Table 2). 즉, 족탕기의 수온이 자동으로 조절되었고 발등의 온도가 여름보다 겨울에 낮게 유지되었기 때문에 30분간 족욕

하는 동안에 발등의 온도가 여름과 겨울에 동일한 수온에 도달하기 위해 겨울이 여름보다 피부의 온도가 더 빠르게 상승한 것으로 생각된다. 이로 말미암아 발등 피부온의 변화가 평균피부온의 변화에 영향을 미치게 되었고, 나아가 직장온의 변화에도 영향을 미친 것으로 해석된다(Fig. 1). 이것은 수온의 직접적인 영향을 받은 하지부 피부온이 다시 직장온에 영향을 미친 것으로 고찰한 선행연구(정운선 2007)의 결과와도 같다. 이러한 과정에서 여름보다 겨울에 강하게 수축되었던 발의 피부혈관이 이완되면서 그 진행강도가 커짐에 따라 체내 혈액의 재분배가 일어나게 된 것이며, 이에 따라 여름보다 겨울에 직장온이 더 크게 내려간 결과를 보인 것이라고 생각된다.

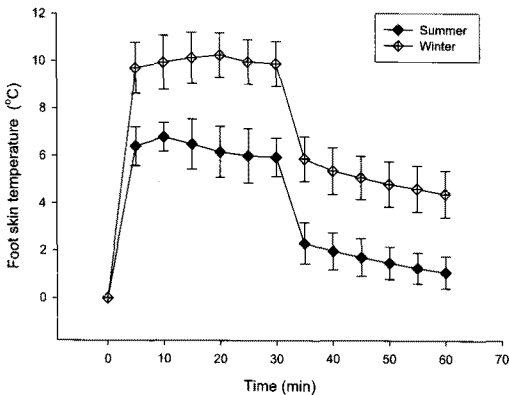


Fig. 2. Change of feet skin temperature from the baseline through the feet immersion at 40°C (the first half of 30 min) to the recovery (the latter half of 30 min) in summer and winter.  $p=0.00$  between summer and winter.

일반적으로 심부체온은 낮에 높게 유지되다가 취침 전부터 하강하여 이른 아침에 최저치를 나타내게 되는 서캐디안 리듬을 형성하고 있다. Andlauer 등(1979)과 Reinberg 등(1988)에 의하면 교대근무를 잘 견디는 사람이 견디지 못하는 사람보다 체온의 진폭이 더 크다는 연구결과를 보고하였다. 한편, Jeong과 Tokura(1988, 1993)는 일련의 실험을 통해 10°C 이상의 증등은 환경에서 안정 상태에 있는 피험자의 체내 열생산에 뚜렷

한 차이가 없을 때, 사지말초부의 온도를 낮게 유지할수록 직장온이 높게 유지되었고 사지말초부의 온도가 높을수록 직장온이 낮게 유지되었다는 결과를 보고하였다. 또한 체온의 서캐디안 리듬에 관한 연구(Jeong & Tokura 1990)에서는 사지말초부 피부온의 오전 강화와 오후 상승의 변화폭이 클수록 직장온의 오전 상승과 오후 강화폭이 커져 직장온의 진폭이 크게 유지되었다는 결과를 얻었다. 한편 Aschoff와 Heise(1972)는 24°C에서 손등과 손끝의 피부온도가 오후 8시 경부터 상승하면서 방열효과가 커짐으로 인해 심부체온이 내려가게 된다는 것을 실험으로 입증하였다. 그러므로 이 연구에서와 같이 저녁에 발을 따뜻하게 해주는 것은 이러한 인체의 생리현상을 도와주는 역할을 하게 될 것으로 기대된다. 이러한 관점에서 볼 때, 저녁에 족욕을 실시한다면 직장온의 강화를 유도하기 위해서는 여름보다 겨울이 더 효과적이라고 할 수 있겠다.

### 3. 쾌적온도 선택행동

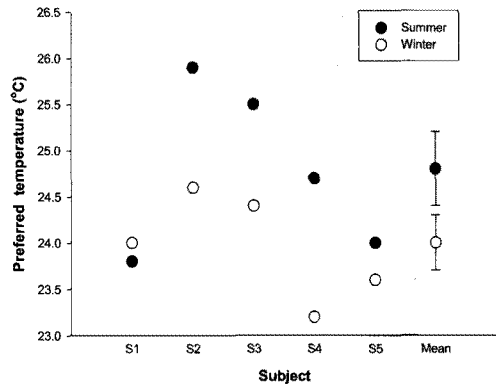


Fig. 3. Ambient temperature preferred by the subjects who felt comfortable in a sedentary posture after feet immersion at 40°C in summer and winter. Mean±SE.  $p=0.06$  between summer and winter.

Fig. 3은 각 피험자가 스스로 선택한 쾌적온도를 나타낸 것으로서 겨울보다 여름에 높은 온도를 선택하는 경향을 보였다. 그러나 S1을 제외한 4명은 뚜렷하게 겨울(24.0±0.3°C)보다 여름(24.8±

0.4℃)에 더 높은 온도를 선호하여 여름과 겨울(정운선 2007)의 두 계절 간에 유의한 차이를 나타내었다( $p=0.02$ ). 이와 같이, 피험자들이 겨울보다 여름에 평균 0.8℃ 더 높은 온도를 선택하였다는 것은 여름철 고온 노출이라는 인체의 기후 적응성을 나타내는 것으로 보이며, 이것은 두 계절 간 피부온의 차이로도 설명된다(Table 2). 한편 족욕시와 회복기에 피험자들이 전신에서 느낀 온랭감에는 변화가 없었으나, 발에서 느낀 온랭감에는 약간의 변화가 있었다. 즉, 족욕시에는 ‘따뜻하다’ 또는 ‘약간 따뜻하다’고 응답한 반면, 족욕이 끝난 후 회복기 30분간의 반응은 ‘중립’을 나타내어 족욕 전과 같은 상태를 나타내었다.

#### IV. 결론 및 제언

한국의 여름은 기온이 높고 겨울은 낮기 때문에 인체가 환경에 노출되면 여름에는 말초혈관의 확장기능이 우수함에 따라 피부온이 높고, 반대로 겨울에는 말초혈관의 수축기능이 우수하여 피부온이 낮게 유지되는 것이 일반적이다. 실험을 통해 얻은 연구결과로 보아, 열쾌적성의 관점에서 족욕의 효과는 여름보다 겨울에 더 크다고 본다. 즉 겨울의 경우 족욕 전후 발의 온도 차이가 더 크게 형성되었기 때문에 직장은 더 많이 내려간 결과를 초래하게 된 것으로 생각되며, 이러한 관점에서 볼 때 서희숙(2007)이 취침 전에 30분간 족욕을 한 노인들의 수면량과 수면만족도가 증가하고 피로도가 낮아졌다고 보고한 연구결과는 의미가 있는 것으로 받아들여진다.

또한 피험자들이 여름에 더 높은 온도를 선택한 것은 인체의 기후적응이나 냉방 비용의 절감을 위한 에너지 절약 차원에서 바람직한 행동으로 생각된다. 또한 이 연구의 결과는 기후변화에 따른 인체의 체온조절기능의 폭을 넓히고 여름과 겨울의 적정 실내온도 유지를 위한 기초자료로서도 활용될 수 있을 것으로 판단되나, 이 점에 대해서는 후속 연구를 통해 많은 자료를 수집해야만 확실하게 결론을 내릴 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

김중수(2010) 따뜻하면 살고 차가워지면 죽는다. 제주도: 정신세계원. 266.

서희숙(2007) 족욕요법이 노인의 수면과 피로에 미치는 효과. 가톨릭대학교 대학원 박사학위논문.

성유진·이순원(1997) 추운 환경에서 노출된 부위에 따른 체온조절 반응에 대한 연구. 한국의류학회지 21(6), 977-987.

이성주(2010) KorMedi 건강편지 -오늘의 건강팁-. (2010. 01. 20). <http://www.kormedi.com/healthletter/popView.aspx?idx=570>.

이순원·조성교·최정화(2005) 의복과 환경. 서울: 한국방송통신대학교출판부.

이종민·이순원(1994) 신체의 부위별 피부온이 체온조절 및 주관적인 감각에 미치는 영향(1). 한국의류학회지 18(2), 273-282.

정운선·登倉壽實(1991) 사지말초부의 노출과 보온이 인체의 체온조절에 미치는 영향. 한국의류학회지 15(4), 447-451.

정운선(1994) 사지말초부의 피부면적이 쾌적성과 체온조절반응에 미치는 영향. 한국의류학회지 18(2), 163-169.

정운선(1997) 손발의 냉각처리가 직장은 반응과 전신의 온랭감에 미치는 영향. 한국생활환경학회지 4(4), 69-74.

정운선·Kenney WL(1998) 한랭환경에서 손발노출에 의한 청년과 노인의 체온조절반응 비교. 한국의류학회지 22(7), 963-968.

정운선(2007) 족부의 냉각과 가온이 행동성 체온조절에 미치는 영향. 한국지역사회생활과학회지 18(4), 681-686.

정운상(2009) 온열요법, 내 몸을 살린다. 경기도: 모아북스. 81-83.

주간조선(2000) 건강목욕법. (2000. 12. 21). <http://weekly.chosun.com/news/html/200012/200012190061.html>.

田村照子(1985) 基礎被服衛生學. 文化出版局.

Andlauer P, Reinberg A, Fourré L, Battie E, Duverneuil G(1979) Amplitude of the oral temperature circadian rhythm and the tolerance to shift-work. J Physiol 75, 507-512.

Aschoff J, Heise A(1972) Thermal conductance in man: its dependence on time of day and on ambient temperature, in Itoh, S., Ogata, K. and Yoshimura, H.(Ed.). Tokyo: Igaku Shoin Ltd.

DuBois EF, Ebaugh FG, Hardy JD(1952) Basal heat production and elimination of thirteen normal women at temperatures from 22℃ to 35℃. J Nutr 48(2), 257-293.

Hardy JD, DuBois EF(1937) Regulation of heat loss and from the human body. Proc Natl Acad Sci U.S.A. 23(12), 624-631.

- Jeong WS, Tokura H(1988) Effects of wearing two different forms of garment on thermoregulation in men resting at 10°C. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 57, 627-631.
- Jeong WS, Tokura H(1989) Effects of wearing two different types of clothing on body temperatures during and after exercise. *Int J Biometeorol* 33, 77-81.
- Jeong WS, Tokura H(1990) Circadian rhythm of rectal temperature in man with two different types of clothing. *Int Arch Occup Environ Health* 62, 295-298.
- Jeong WS, Tokura H(1993) Different thermal conditions of the extremities affect thermoregulation in clothed man. *Eur J Appl Physiol* 67(6), 481-485.
- Reinberg A, Motohashi Y, Bourdeleau P, Andlauer P, Lévi F, Bicakova-Rocher A(1988) Alteration of period and amplitude of circadian rhythms in shift workers. *Eur J Appl Physiol* 57, 15-25.