

족부의 냉각과 가온이 행동성 체온조절에 미치는 영향

정운선

안동대학교 생활과학대학 의류학과

Effect of Feet Cooling and Feet Warming on the Behavioral Temperature Regulation

Jeong, Woon Seon

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

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of the thermally different states of human feet on temperature regulation in winter season. Five healthy female students of age 20 volunteered as subjects to participate in the study. Physiological responses such as rectal temperature and skin temperatures as well as subjective responses of thermal comfort and thermal sensation were observed. Preferred clothing and preferred temperature were also evaluated in terms of behavioral temperature regulation. The results obtained through the experiment were statistically analyzed using paired t test. Rectal temperature was decreased greater ($p < .01$) and mean skin temperature was maintained higher ($p < .01$) in feet warming than in feet cooling. Results of preferred clothing were coincident with those of general thermal sensation. There was a higher tendency to prefer temperature in feet warming than feet cooling in the morning. It was concluded that keeping feet skin temperature lower in the early morning and higher in the late evening would be effective in terms of regulating circadian rhythm of core temperature.

Key words: temperature regulation, feet immersion, thermal sensation, preferred clothing, preferred temperature

I. 서론

인체의 심부체온은 산열과 방열의 평형에 의해 일정하게 유지되고 있다. 체열의 평형이 깨져 산열량이 방열량보다 많으면 체온은 상승하나, 반대로 방열량이 산열량보다 많으면 체온은 강하

한다는 사실이 잘 알려져 있다(Guyton 1981). 실험을 통하여 일정한 조건에서 측정된 자율성 생체리듬에서 심부체온인 직장온의 서캐디안 리듬(circadian rhythm)은 활동의 서캐디안 리듬에 선행되는데(Wever 1979), 이러한 사실은 체온이 아침 기상 전부터 서서히 상승하고 저녁 취침 전부

이 논문은 2005학년도 안동대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

접수일: 2007년 10월 29일 채택일: 2007년 12월 07일

Corresponding Author: Jeong, Woon Seon Tel: 82-54-820-5501 Fax: 82-54-823-1625

e-mail: wsj@andong.ac.kr

터 강하한다는 것을 잘 뒷받침해주고 있다.

인체의 사지말초부는 체온조절에 있어 중요한 역할을 담당하는 것으로 잘 알려져 있으므로, 사지부의 노출과 피복이 인체의 체온조절반응에 미치는 영향을 관찰한 연구들이 수행되었다(정운선·登倉尋實 1991; 이종민·이순원 1994; 정운선 1994, 1997; 성유진·이순원 1997; 정운선·Kenney 1998). 10℃ 이상의 환경에서는 인체의 사지부를 보온하는 것보다 노출하는 것이 말초혈 관수축 기능이 우수하므로 체온이 내려가는 것을 방지해 줄 수 있으며 이와 관련한 연구가 일부 보고되어(정운선·登倉尋實 1991; 정운선 1994, 1997; 정운선·Kenney 1998), 말초부 중에서도 손보다 발을 냉각하는 것이 그 효과가 크다고 하였다(정운선·Kenney 1998). 한편, 체온의 서캐디안 리듬의 진폭을 증가시켜 교대작업시 피로도와 작업능률이 저하되는 현상을 지연시키는 효과가 있다고 보고되었다(Jeong & Tokura 1989, 1990). 이와 같이 체온조절에 유리한 점이 있음에도 불구하고, 실제 생활에서는 추울 때 쾌적성을 위해 손발을 비롯한 사지부를 감싸려고 하는 습관으로 인해 사지말초부를 보온하는 의복형태가 노출하는 형태보다 일반인들에게 더 선호되는 것으로 보인다.

최근 웰빙라이프의 붐을 타고 등장한 반신욕은 하체만 따뜻하게 데워줌으로써 전신의 온도 균형을 맞추고 혈액순환을 원활히 하는 효과가 있다고 하여 대중의 관심이 집중되고 있다(주간조선 2000). 한편 족욕은 반신욕과 유사한 효과가 있는 것으로서 반신욕보다 간편하여 가정에서 손쉽게 실시할 수 있는 것으로 간주되면서 족탕기가 시중에 인기상품으로 등장하였다.

이와 같이, 하지부의 보온과 노출은 서로 상반되는 온열상태를 유지하는 것임에도 불구하고 상반된 이론이 인체의 체온조절기능에 긍정적인 효과가 있다고 알려져 있으므로, 이 연구에서는 실생활의 조건을 시뮬레이트한 환경에서 의복과 온도를 선택하는 행동을 관찰하여 건강유지와 열적 쾌적성의 관점에서 족부냉욕과 족부온욕의 효과를 검토하고자 한다.

II. 연구방법

1. 피험자

피험자는 정신적으로나 신체적으로 질병이 없는 건강한 여자대학생 5명이며, 이들은 실험전반에 대한 설명을 듣고 난 후 자발적으로 실험에 참여하였다. 피험자의 나이는 21±0세(평균±표준오차), 신장은 164.9±3.4cm, 체중은 53.1±3.4kg, 체표면적은 1.57±0.06m²였고, 실험은 생리주기를 고려하여 각 피험자의 저체온기에 실시되었다.

2. 실험방법

실험은 2005년 1월과 2월에 24℃, 50%RH로 설정된 인공기후실에서 1일 2회, 오전(9:30~12:00)과 오후(19:30~21:00)에 각각 실시되었으며, 실험 과정은 Fig. 1과 같다. 각 피험자는 식후 약 1시간 30분이 경과한 후에 인공기후실에 입실하여 자신의 언더웨어 위에 반소매 티셔츠(약 170g)와 반바지(약 264g)로 갈아입고 서미스터(Hybrid Recorder K370, Technol Seven Co., Japan)의 직장은 프로브를 항문 속 약 10cm 깊이까지 삽입한 후 편안한 의자에 앉았다. 이어서 피부는 측정용 프로브를 신체 7부위(이마, 가슴, 아래팔, 손등, 넓적다리, 종아리, 발등)에 고정시킨 후 피험자는 30분간 편안한 상태를 유지하였다(안정기). 안정기가 끝나면 족탕기(Tomato Emperor Foot Bath tub, Korea)를 이용하여 발을 냉수(수온: 17~18℃)에 담그거나 온수(수온: 40~41℃)에 담그는 족부냉욕과 족부온욕을 각각 30분간 시행하였다(족욕기). 수온은 족탕기 자체에서 조절되지만 수온의 조절편차를 최소화하기 위해 봉상온도계를 사용하여 수온을 일정하게 유지하도록 노력을 기울였다. 또한 족욕 후에는 마른 수건으로 발의 물기를 제거한 후 안정기에서와 같은 자세를 30분간 유지하였다(회복기). 회복기가 끝나자마자 피험자

Equilibrium Stage 30 min	Feet Immersion Stage 30 min	Recovery Stage 30 min	Clothing Selection
			Temperature Selection

Fig. 1. Experimental procedure

가 쾌적하다고 느끼도록 추가로 착용하고 싶은 의복이 무엇인지 조사되었고(의복선택), 피험자의 쾌적성 유지를 위해 인공기후실 내의 온도가 설정되었다(온도선택). 의복선택과 온도선택은 다음과 같은 과정으로 실시되었다. 의복선택은 온도선택에 앞서 실시되었고, 의복선택에서는 피험자 앞에 다양한 형태의 의류를 진열해 놓고 추가로 착용하기를 원하는 의류를 피험자가 직접 선택하였으나 착용하지는 않았다. 온도선택에서는 다음과 같은 방법으로 피험자의 쾌적온도를 실제로 구하였다. 의복선택 직후 피험자가 온도변화를 원하는 경우에 한해서 온도를 0.5℃ 간격으로 올리거나 내리는 방식을 채택하였는데, 10분 동안 피험자가 온도변경을 요구하지 않으면 그 때 실험실 내의 온도를 피험자의 쾌적온도라고 정하였다.

이 실험에서는 체온과 피부온의 생리적 반응과 함께 피험자가 실험과정에서 느끼는 쾌적감과 온랭감의 주관적 반응이 5분 간격으로 측정되었다. 실험에서 얻은 데이터는 SPSS 12.0 for windows를 이용하여 각 측정항목에서 paired t-test로 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 직장온과 피부온 반응

Table 1은 안정기의 마지막 10분간의 평균값을 기준으로 하였을 때 직장온과 피부온의 변화 정도를 족욕온도와 족욕시각으로 비교한 것이다. 직장온은 모든 경우에 내려갔는데, 족욕시각에 관계없이 족부냉욕시가 족부냉욕시 보다 크게 내려갔다는 것을 알 수 있다(p<.01). 또한 직장온의 강하폭은 오전 족부냉욕시에 가장 작고 오후 족

부냉욕시에 가장 큰 것으로 나타났으나 그 차이는 0.08℃로서 근소하였다. 평균피부온은 족욕시각에 관계없이 족부냉욕시가 족부냉욕시에 비해 0.6℃ 이상 높게 나타났(p<.01). 또한 족욕온도에 관계없이 오전이 오후보다 피부온의 상승폭이 큰 경향을 나타내었으며 족부냉욕시에는 그 경향이 뚜렷하여 0.23℃의 차이를 나타내었다(p<.01). 수온의 직접적인 영향을 받은 발등의 피부온으로부터는 족부냉욕시에 말초혈관이 수축하였고 족부냉욕시는 말초혈관이 확장되었음을 알 수 있다. 족부냉욕시 발의 온도는 오후가 오전보다 강하폭이 더 크고, 족부냉욕시에는 오전이 오후보다 상승폭이 더 큰 것으로 나타났(p<.01).

전반적으로 볼 때, 직장온은 족욕온도에 관계없이 오전보다 오후에 비록 근소한 차이이지만 더 내려간 것으로 나타나 서캐디안 리듬의 원리가 반영된 것으로 보인다. 심부체온의 서캐디안 리듬은 사지말초부의 혈관운동에 의한 방열기전에 의해 형성되는 것으로 알려져 있다(Minors & Waterhouse 1981). 이러한 사실에 기초하여 Jeong과 Tokura(1990)는 사지말초부 피부온의 오전 강하와 오후 상승의 변화폭이 클수록 직장온의 오전 상승과 오후 강하폭이 커져 직장온의 진폭이 크게 유지되었다는 연구결과를 얻었다.

이상의 결과는 수온의 직접적인 영향을 받은 하지부 피부온이 직장온 반응에 영향을 미치고 나아가 직장온의 서캐디안 리듬의 진폭에도 영향을 미칠 것이라는 가능성을 시사하고 있다. 잘 알려진 바와 같이, 체온은 아침 기상 전부터 서서히 상승하고 저녁 취침 전부터 강하하므로, 체온의 일내변동으로 알려진 서캐디안 리듬의 관점에서 볼 때 아침에는 체온이 상승하기 쉽도록 해

Table 1. Change of rectal temperature and skin temperatures for 30 min of feet immersion

Parameter	FI17AM	FI17PM	FI40AM	FI40PM
T _{re} (°C)	-0.06 ± 0.01	-0.10 ± 0.01**	-0.12 ± 0.01(**)	-0.14 ± 0.01*(**)
T _{sk} (°C)	0.04 ± 0.05	-0.03 ± 0.05	0.84 ± 0.09(**)	0.61 ± 0.05**(**)
T _{foot} (°C)	-4.23 ± 0.19	-5.88 ± 0.29**	9.88 ± 0.48(**)	7.50 ± 0.40**(**)

Mean ± SE. *p<.05, **p<.01, compared to am and (***)p<.01 compared to FI17. FI17 and FI40 mean foot immersions at 17~18℃ and 40~41℃ of water, respectively. AM means morning time and PM evening time.

T_{re}: rectal temperature, T_{sk}: mean skin temperature, T_{foot}: foot skin temperature.

주거나 체온이 낮아지지 않도록 하고, 저녁에는 체온이 강하하기 쉽도록 해 주거나 체온이 높아지지 않도록 환경조건을 설정하는 것이 필요하다.

2. 주관적 온도감각 반응

일반적으로 행동성 체온조절은 주관적으로 느끼는 온도감각과 관련성이 있으므로, 족욕기부터 피험자가 전신과 발에서 느낀 온랭감의 결과를 Table 2에 제시하였다. 피험자들이 냉욕처리시 발에서 느낀 온도감각은 족욕시간에 관계없이 모두 '약간 서늘하다~서늘하다', 족부온욕시는 '약간 따뜻하다~보통이다'라고 응답하여 족욕온도에 대한 주관적 반응의 차이가 뚜렷하였고 이러한 경향은 오전과 오후가 같았다(p<.01). 이와는 달

Table 2. Response of thermal sensation in the whole body and in the feet of the subjects from feet immersion

Part of body	FI17AM	FI17PM	FI40AM	FI40PM
Feet	6.8 ¹⁾ ± 0.1	6.5 ± 0.2*	4.4 ± 0.1(**)	4.5 ± 0.2(**)
Whole body	5.0 ± 0.1	5.2 ± 0.1**	5.2 ± 0.1(*)	5.0 ± 0.0(**)

Mean±SE. FI17 and FI40 mean the treatment of foot immersion at 17-18°C and 40-41°C of water, respectively. AM means morning time and PM evening time. ¹⁾Grade: 4=slightly warm, 5=Neutral, 6=slightly cool, 7=cool. *p<.05, **p<.01, compared to AM and (°)p<.05, (**°)p<.01, compared to FI17.

Table 3. Correlation of thermal sensation between the whole body and the feet of the subjects

Feet	Whole body			
	FI17AM	FI17PM	FI40AM	FI40PM
FI17AM	-0.152	.479**	-.028	.056
FI17PM	-.079	.450**	-.091	.039
FI40AM	-.047	-.531	.395**	-.092
FI40PM	.041	-.570**	.358**	.000

FI17 and FI40 mean the treatment of feet immersion at 17-18°C and 40-41°C of water, respectively. AM means morning time and PM evening time. **p<.01.

리, 전신의 경우는 각 실험조건에서 모두 춥지도 덥지도 않은 상태인 것으로 나타났다.

한편 발에서 느낀 온도감각과 전신에서 느낀 온도감각의 관계를 살펴본 결과를 Table 3에 나타내었다. 냉욕처리시는 오후에(r=.450, p<.01) 온욕처리시는 오전에(r=.395, p<.01)만 상관이 있는 것으로 나타나, 발의 온도감각이 전신의 온도감각에 절대적인 영향을 미치지 않은 것으로 보인다. 이것은 신체의 부분적 온도감각과 전신의 온도감각에 상관이 발견되지 않았다는 선행연구(정운선 1997)의 결과와 일치하는 것으로서, 전신의 온도감각 반응은 신체의 부분적 자극에만 의존하지 않는 것으로 생각된다.

3. 의복선택 행동

Table 4는 실험의 회복기 종료 직전에 피험자가 추가 착용을 희망한 의복의 무게를 측정하여 실험조건별로 각각 제시한 것이다. 오전 족부냉욕 후에 피험자 전원이 추가 착용을 희망한 데 비해, 오후 족부온욕 후에는 추가 착용을 희망한 사람이 2명으로서 가장 적었다. 전반적으로 볼 때, 족욕시간보다는 족욕온도가 의복선택 행동에 영향을 크게 미쳤으며 족욕온도가 같을 때 족욕시간의 영향은 뚜렷하지 않았다.

의복선택 행동은 Table 2에 제시된 바와 같이 족욕온도가 같은 경우에 전신에서 느낀 온랭감 반응의 결과와 일치하고 있다. 즉, 피험자들이 서

Table 4. Weight of additional clothing preferred by each subject after recovery from feet immersion of cold water at 17-18°C(FI17) or warm water at 40-41°C(FI40) in the morning(AM) or in the evening(PM)

Subject	FI17AM	FI17PM	FI40AM	FI40PM
S1	22 g	107 g	-	-
S2	469 g	469 g	292 g	-
S3	22 g	22 g	363 g	363 g
S4	22 g	-	-	-
S5	669 g	669 g	53 g	50 g
Total	1,204 g	1,267 g	708 g	413 g

늘하게 느낄수록 신체보온을 위해 의복을 더 많이 착용하고 싶어 한다는 것을 알 수 있다. 그러나 오전과 오후에 일관성 없이 서로 다른 반응을 나타낸 것에 대해서는 이 연구의 결과만으로는 해석하기 어렵다고 본다.

4. 온도선택 행동

피험자들이 쾌적하다고 느낀 실내온도가 Fig. 2에 제시되었다. 피험자들이 선택한 쾌적온도는 실험조건별로 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다. 오전에 족부온욕시가 족부냉욕시보다 실내온도를 0.44℃ 더 높게 선택하였는데(.05<p<.10), 이러한 결과가 통계적으로 유의하지는 않더라도 행동성 체온조절반응이라는 시각에서 볼 때 의미가 있는 것으로 받아들여진다. 즉 이것은 오전에 족부온욕을 한 경우가 족부냉욕을 한 경우보다 피험자들이 전신에서 더 서늘하게 느꼈다는 Table 2의 결과와 일치하는 것이며, 발을 온수에 담근 후 공기 중에 노출했을 때가 냉수에 담근 후보다 상대적으로 더 서늘하게 느꼈다는 것으로 해석된다. 이러한 현상이 오전에만 나타난 것으로 보아, 온열자극으로 인해 발생한 온도 차에 대한 온도감각의 반응이 오후보다 오전에 더 민감한 것이 아닌가 생각된다. 또한 전신에서 느끼는 온도감각은 통합적인 것으로서, 의복선택 실험에서와 같이 신체의 일부분을 감싸서 부분적인 보온효과

를 가져오는 의복을 가지고 쾌적성을 추구하는 것보다는 온도선택 실험에서와 같이 실내온도를 조절함으로써 전신의 보온효과를 균일하게 유지하는 방법이 전신의 온도감각 반응에 더 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

IV. 요약 및 결론

하지부의 보온과 노출은 서로 상반되는 온열 상태를 유지하는 것임에도 불구하고 상반된 이온이 인체의 체온조절기능에 긍정적인 효과가 있다고 하므로, 이 연구에서는 겨울철에 실험을 통해 체온조절을 위한 행동을 관찰함으로써 족부냉욕과 족부온욕의 효과를 평가하였다. 실험을 통해 얻은 주요한 결과는 다음과 같다. 직장은 온 족욕 시각에 관계없이 족부온욕시가 족부냉욕시 보다 크게 내려갔다. 피험자가 발에서 느낀 온도감각 반응은 족욕온도에 따라 뚜렷한 차이를 보였으나, 전신의 경우는 각 실험조건에서 모두 출지도 덥지도 않은 상태인 것으로 나타났다. 피험자들은 서늘하게 느낄수록 의복을 더 많이 착용하고 싶어 하는 것으로 나타났다. 쾌적온도는 실험조건별로 뚜렷한 차이가 없는 것으로 나타났다.

전체적으로 볼 때 전신에서 느끼는 온도감각과 행동성 체온조절반응 간에 통합성이 결여되는 결과를 나타내기는 했으나, 겨울철 아침에는 발의 온도를 낮게 유지하고 저녁에는 발의 온도를 높게 유지하는 것이 체온조절의 기능적 관점에서 볼 때 효과적이라고 하겠다. 그러므로 족욕을 통해 단순히 혈행개선의 효과만 기대할 것이 아니라 체온의 서캐디안 리듬의 효율적인 기능을 위하여 족욕시 적절한 수온을 유지하는 것이 중요하다고 하겠다. 또한 대체로 중년 이상의 연령층에서 족욕을 하는 경우가 많다는 점을 감안하면, 고령자 대상의 후속연구를 실시하면 보다 심도 있는 논의가 이루어질 것으로 기대된다.

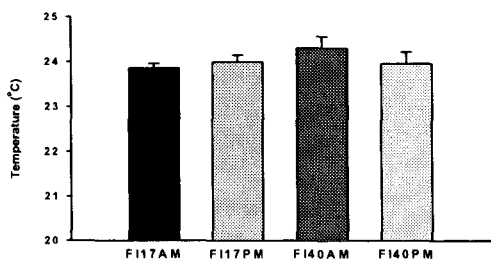


Fig. 2. Preferred temperature chosen by the subjects at the end of the experiment right after recovery from feet immersion of cold water at 17~18℃(F117) or warm water at 40~41℃(F140) in the morning(AM) or in the evening(PM). Mean±SE. p=0.083 between F117AM and F140AM.

참고문헌

성유진 · 이순원(1997) 추운 환경에서 노출된 부위에 따른 체온조절 반응에 대한 연구. 한국의류학회

- 지 21(6), 977-987.
- 이종민·이순원(1994) 신체의 부위별 피복이 체온조절 및 주관적인 감각에 미치는 영향(I). 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 피복면적이 쾌적성과 체온조절반응에 미치는 영향. 한국의류학회지 18(2), 163-169.
- 정운선(1997) 손발의 냉각처리가 직장온 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.
- 주간조선(2000) 배꼽아래 반신욕은 '만병통치'. (2007. 11.24). <http://www.ldskorea.net/bansin10.html>.
- Guyton AC(1981) Textbook of medical physiology(6th ed.). Philadelphia: W. B. Saunders. 887-890.
- Jeong WS, Tokura, H(1989) Seasonality of circadian rectal temperature rhythm in man. J interdiscipl Cycle Res 20(1), 65-69.
- Jeong WS, Tokura H(1990) Circadian rhythm of rectal temperature in man with two different types of clothing. Int Arch Occup Environ Health 62(4), 295-298.
- Minors DS, Waterhouse JM(1981) Circadian rhythms and the human: Chapter 2, The circadian rhythm of deep body temperature. Boston: John Wright PSG. 34-35.
- Wever RA(1979) The circadian system of man. New York: Springer-Verlag. 27-32.