

# 수면시 온열환경에 따른 피부온도 및 신체움직임 분석

임은숙\*, 금중수\*\*, 이기섭\*\*\*, 조관식\*\*\*, 배동석\*  
김동규\*, 최광환\*\*, 최호선\*\*\*

- \* 부경대학교 대학원 냉동공조공학과
- \*\* 부경대학교 공과대학 냉동공조공학과
- \*\*\* LG전자

## Analysis of Skin Temperature and Body Movements depend on the Thermal Environment during sleep

Im Eun-Suk\*, Kum Jong-Soo\*\*, Lee Gi-Seop\*\*\*, Cho Kwan-Shik\*\*\*  
Bae Dong-Seok\*, Kim Dong-Gyu\*, Choi Kwang-Hwan\*\*  
Choi Ho-Seon\*\*\*

- \* Graduate School, Pukyong National Univ.
- \*\* Department of Refrigeration and Air-Conditioning Engineering,  
Pukyong National Univ.
- \*\*\* LG Electronics Inc.

**Abstract.** There are numerous studies on relations between sleep and environmental factors such as noise, illumination and thermal conditions. Sleep is affected by the thermal environment. This study describes influence of thermal environment on skin temperature, sleep patterns and body movements using physiological and psychological measurements.

The results are as follows:

- 1) The fluctuations of room temperature during sleep appeared skin temperature variations. The more room temperature is high, the more skin temperature is high in 22°C, 26°C, 30°C.
- 2) A significant relation between body movement and skin temperature was found within room temperature. Under room temperature conditions of 22°C, 26°C, 30°C, there were significantly higher rates of body movement in the room temperature(30°C).
- 3) Uncomfortable after sleep in thermal environment is mostly under high temperature(30°C), and they are about fatigue due to not enough sleeping.
- 4) The degree of indoor thermal temperature with sufficient sleeping is in 22.8 ~ 27.8°C.

## I. 서론

공조기 보급의 증가에 따라 실내 온열환경은 많이 쾌적해지고 있으나, 공조기를 수면 중에 계속 사용하는 것은 아직도 여러 부정적인 요소들이 포함하고 있다.

수면이 환경조건에 의해 영향을 받는 것은 주지의 사실이다. 침실의 밝기, 소음, 온도 및 습도 등의 물리적 환경조건은 수면방해인자가 되는 경우가 많다. 그 중에서도 온도 및 습도와 같은 온열환경요소는 여름철 수면시 수면 장애의 주원인이 된다. 특히, 우리나라 도시의 경우 고온 다습한 기후 및 열섬효과로 인하여 야간의 도시 기온이 25℃를 넘어가는 열대야가 자주 나타나기도 한다. 여름의 수면환경은 다른 계절처럼 침구류를 통해서 쾌적한 침상기후를 얻는 것이 어려운 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 무덥고 습한 여름밤(열대야)에는 잠들기 어렵고, 수면의 질도 저하하고, 피로 회복 효과도 불충분하게 된다.

본 연구는 온열조건과 수면과의 관련성을 피부온도 및 신체움직임을 통해 검토하여, 쾌적한 수면환경조건을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 실험장치

인공환경실험실은 4.1m × 4.9m × 2.7m의 크기로 각 벽면과 천장, 바닥은 단열재에 의하여 충분히 단열되었으며 온도와 습도는 항온 항습기로 제어되고 있으며 피험자는 1인용 침대를 이용하여 수면을 취하도록 하였다.

실내의 온도, 습도 및 인체의 피부온도 측정 및 신체움직임의 관찰을 위한 VCR 위치는 그림 1에 그리고 측정항목은 표 1에 나타나 있다.

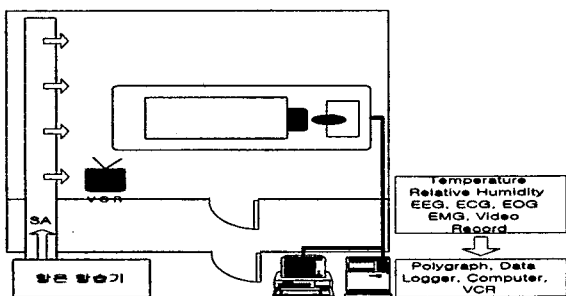


그림 1 실험실의 개략도

표 1 측정항목

| 항목    | 내용   |
|-------|--|
| 주관신고  | 쾌불쾌감   |
| 생리신호  | 심전도(ECG), 뇌파(EEG)<br>근전도(EMG), 안구전도(EOG)                   |
| 피부온도  | ▶평균피부온도(이마, 복부, 팔, 대퇴, 하퇴, 발등, 손등)<br>▶피부온도(어깨, 겨드랑이, 발바닥) |
| 신체움직임 | VCR  |
| 환경물리량 | 실내온도, 습도   |

### 2. 실험방법

#### 2.1 실험기간

실험은 1999년 5월 3일부터 1999년 7월 24일까지 부경대 냉동공조공학과 인공환경실험실에서 실시되었다.

#### 2.2 피험자

피험자 선발을 위해서 105명에 대한 1차 설문 조사를 실시하고, 이 중에서 선발된 15명에 대하여 생리신호 예비 테스트를 실시하였다. 그리고 최종적으로 수면장애나 약물복용, 기타 질병이 없으며 생활주기가 규칙적인 여대생 5명을 피험자로 선발하여 실험을 실시하였다. 모든 피험자들은 실험기간 중 음주, 카페인 음료의 복용, 불규칙한 수면시간, 과도한 운동을 자제하도록 하였다.

피험자의 연령 및 신체조건은 표 2에 나타나 있다.

표 2 피험자 특성

| Subject | Number of Subject | Age            | Height [cm]     | Weight [kg]   |
|---------|-------------------|----------------|-----------------|---------------|
| Female  | 5                 | 19.8<br>± 1.48 | 164.2<br>± 4.55 | 51.4<br>± 4.1 |

#### 2.3 실험순서

실험은 하루 저녁에 1명의 피험자에 대하여 실시되었다. 피험자는 실험에 앞서 이미 조성된 환경의 인공환경실험실에서 2시간 동안 충분히 휴식을 취하며 실험환경에 적응하였다. 취침 전 온도 및 습도 환경에 대한 주관신고를 받았다. 피험자는 소등(Light Off) 후 8시간 동안 취침하도록 하였으며, 점

등(Light On)시까지 생리신호, 피부온도, 신체움직임을 측정되었다. 수면중의 신체움직임 등이 연속적으로 측정되었다. 수면중의 신체움직임은 VCR을 이용하여 기록 관찰되었다. 기상 후에는 온도 및 습도 조건에 대한 주관신고를 받았다. 그림 2에 실험의 진행순서가 나타나 있다.

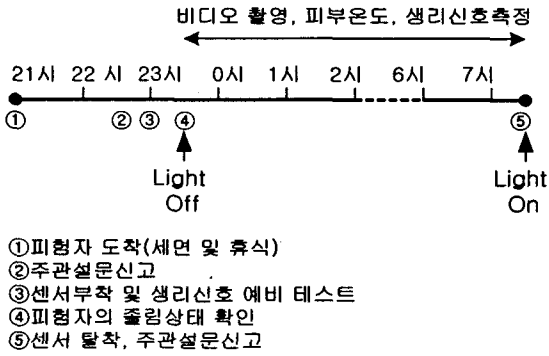


그림 2 실험진행순서

#### 2.4 실험조건

피험자는 초기 2일 동안의 적응기간 이후 22℃, 26℃, 30℃의 실내온도와 50% 상대습도 환경에서 수면을 취하였다. 피험자들은 동일한 의복 열저항치를 가지도록 정해진 의복(T-shirts, short sleeve pajama, panty, bra)을 착용한 후 침대에서 일반적으로 여름철에 사용하는 얇은 이불을 깔고 덮었다. 차의량은 일본의 Fukai 등이 채택한 의복 중량법<sup>4)</sup>으로 계산한 결과 0.51clo가 되었다.

피험자는 안정된 상태에서 편안한 자세로 수면을 하도록 하였으며, 이 때의 대사량은 0.7met로 가정하였다.

#### 2.5 설문

피험자가 인공환경실험실내에서 수면을 하도록 한 후 설정온도 조건(22℃, 26℃, 30℃)에 대한 설문 내용으로써 쾌불쾌감 신고를 하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 평균피부온도

취침 중의 평균피부온도는 체온처럼 일정한 Pattern을 가지는 것으로 나타났다. 취침 전에는 체온이 약간 상승하고 새벽녘에 하강하여 잠깨기 전 다시 상승한다. 그림 3에서처럼 실내 설정온도(22℃, 26℃, 30℃)조건에서 실내온도가 높을수록 평균

피부온도도 높게 나타남을 알 수 있었다. 그러나 실온에 따른 평균피부온도의 시간에 따른 변화는 전체적으로 체온처럼 일정한 Pattern을 나타냈다.

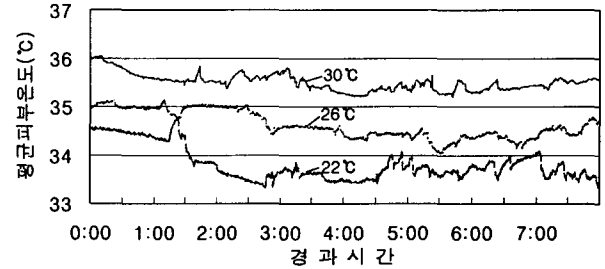


그림 3 평균피부온도 경시변화

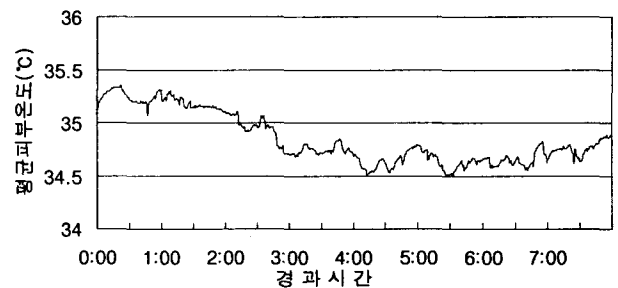


그림 4 최적 평균피부온도 변화

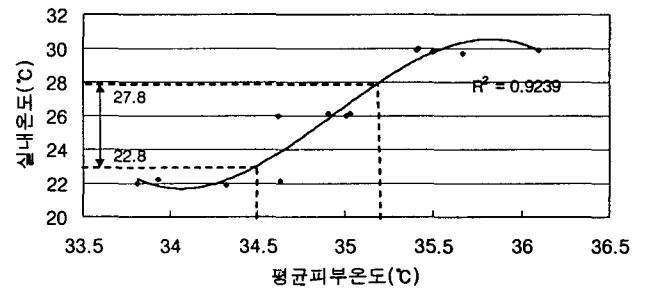


그림 5 실내온도와 평균피부온도

그림 4는 각 피험자별로 수면 최적 평균피부온도 변화는 각 피험자별 수면 효율이 가장 높은 조건에서 나타나는 평균피부온도 변화를 시간대 별로 정리한 최적 평균피부온도 변화이다. 전체 수면시간 동안의 평균피부온도는 34.8℃이며, 그 범위는 34.5 ~ 35.3℃로 약 1℃범위였다. 그림 5는 각 실내온도 조건과 평균피부온도 관계를 나타내었다. 최적의 평균피부온도 영역에 해당하는 실내온도는 22.8 ~ 27.8℃로 나타났다.

#### 3.2 신체움직임

신체움직임은 잠자리에 든 직후 모든 실험 온도 조건에서 안정되어 최소로 나타났다. 낮은 온도 조건

(22℃ 및 26℃)에서는 조건에 따르는 신체움직임에 차이가 나타나지 않았으나, 높은 온도(30℃) 조건에서는 급격한 신체움직임이 빈번하게 일어나고 있는 것이 관찰되었다.

표 3은 신체움직임을 정량화 하기 위한 분석표이고, 그림 6은 표 3을 참조하여 피험자가 8시간 동안 취침 한 신체움직임의 누적을 실내온도 조건별로 나타냈다.

표 3 신체움직임 분석표

| 점수 | 항목                |
|----|-------------------|
| 0  | 전혀 신체 움직이지 않음     |
| 1  | 국부 움직임(머리, 팔, 다리) |
| 2  | 전체 신체 움직임         |

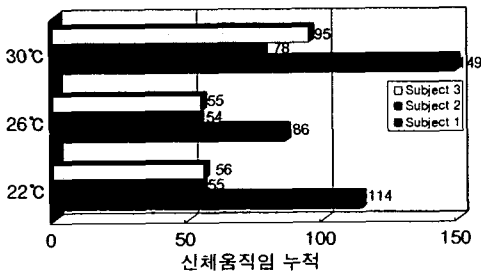


그림 6 신체움직임의 누적도

### 3.3 설문지에 의한 수면 쾌불쾌감

그림 7은 설정 온도 조건에 따른 수면 후 쾌불쾌감 평가 결과를 나타낸다. 설정온도 조건에 T-test한 결과 쾌불쾌 차원 대한 반응은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났지만(p > 0.05) 설정온도(26℃) 조건이 가장 좋았으며 설정온도(30℃) 조건에서는 높은 불쾌감을 갖는 것으로 나타났다.

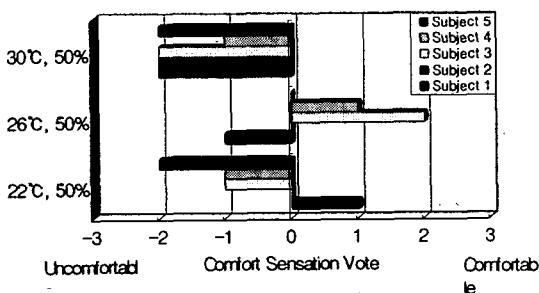


그림 7 수면에 대한 쾌불쾌감

## III. 결론

세 가지 실내온도 조건(22℃, 26℃, 30℃) 하에서 수행된 수면 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻어졌다.

- 1) 수면 효율이 높은 쾌적한 수면을 취할 수 있는 최적 평균피부온도 영역에 해당되는 실내온도는 약 22.8 ~ 27.8℃로 나타났다.
- 2) 신체움직임이 22℃, 26℃의 온도조건에서 변화는 뚜렷하게 보이지 않지만 30℃조건에서는 현저하게 높은 빈도가 나타났다.
- 3) 수면에 대한 쾌불쾌감은 실내온도와 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났지만(p > 0.05) 실내온도(26℃) 조건이 가장 좋았으며 실내온도(30℃) 조건에서는 높은 불쾌감을 나타냈다.

## 감사의 글

본 논문은 G-7 감성공학 과제로 수행된 연구입니다. 실험에 참가 해 주신 피험자 및 관련업체, 감성공학 관계자 여러분께 감사 드립니다.

## IV. 참고문헌

- 1) Kyoko Imai, 1979, "On the Correlation between Bed Climate and sleeping Pattern under Several Ambient Temperature and Humidity in Summer", 家政學 研究, pp.62 ~ 67.
- 2) Tadakatsu Ohnaka, "Body Movements of the Elderly during Sleep and Thermal Conditions in Bedrooms in Summer, Journal of Physiological Anthropology, Applied Human Science, pp.89~ 93
- 3) 日本 空氣調和・衛生工學會, "快適な温熱環境のメカニズム", 天早編集事務所, pp.25 ~ 53.
- 4) 花田嘉大, 三平和雄, 1981, "婦人用下着類の熱抵抗の計測に関する研究", 繊維製品消費科學會誌, 22-10, pp.34 ~ 41.