

족욕이 인체 자율 신경기능에 미치는 영향에 관한 연구

김형지*, 유미(전북대대학원 의용생체공학과), 최규진, 양운석 권대규, 홍철운,
김남균 (전북대 생체정보공학부)

The Activities of Human Autonomic Nervous System by Foot Bathing

H. J. Kim*, M. Yu (Dept. of Biomedical Engineering, CBNU),
K. J. Choi, Y. S. Yang, T. K. Kwon, C. U. Hong, N. G. Kim
(Division of Bionics and Bioinformatics, CBNU)

ABSTRACT

We investigated the activities of autonomic nervous system during foot bathing. The effect of foot bathing was evaluated for four subjects by observing the characteristic of heart rate variability and bodily temperatures. The foot bathing was done with a commercial foot spa (Duches Co.) utilizing the four functional modes of the spa for two different temperatures of 35℃ and 40℃. The four functional modes were clam, vibration, air bubbles, and both vibration and air bubbles. The experimental results showed that the temperature of foot and that of face right after foot bathing were not that different from each other. But, for heart rate variability, the activation of parasympathetic nerve showed distinctive increase at 40℃ of water temperature. In the analysis of heart rate variability for different functional modes, the change was not distinctive for different modes at 35℃ of water temperature. However, at 40℃, the activation of sympathetic nerve showed distinctive increases with the increase in the complexity of functional modes.

Key Words : foot bathing(족욕), electroencephalogram(뇌전도), heart rate variability(심박변이도), infrared photography(적외선 체열 촬영)

1. 서론

수치료법은 물을 마셔서 질병을 치료하는 경우(내복법)와 물의 온도가 인체에 미치는 영향을 기초로 질병을 치료하는 경우(외용법)로 나눌 수 있다. 온욕 · 냉온욕으로 나뉘며, 입욕하는 부위에 따라 전신욕 · 반신욕 · 족욕 등으로 나눌 수 있다. 이 중 족욕의 효능은 발끝부터 시작하여 몸 전체가 따뜻해지고 좁아졌던 혈관이 확장되면서 손과 발의 끝 부분에 정체되어 있던 어혈이 풀어지고, 혈액순환이 좋아짐으로써 온몸이 따뜻해지는 것과 오장 육부의 혈액의 흐름이 좋아지면 내장 기능을 지배하고 있는 자율신경의 활동이 회복되고, 자율신경계의 불균형이 정상화되는 등이다. 그러나 족욕으로 인한 인체 자율신경계의 영향과 족욕 동안 물 온도나 다른 외부 환경의 조건으로 인하여 인체

가 어떤 영향을 받는지에 관한 구체적인 연구결과가 미비하다.

본 연구에서는 족욕을 할 때 변화하는 얼굴과 족부 온도의 변화량 및 HRV를 분석하여 인체자율신경계의 영향을 규명하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험장치

실험 장치는 크게 족욕기와 ECG 측정을 위한 계측시스템, 그리고 얼굴 및 족부의 온도변화를 모니터링을 위한 적외선 체열촬영 시스템으로 구성되었다.

실험에 사용된 족욕기는 열전쌍(thermocouple) 시스템을 사용하여 일정 온도를 조절하였으며 크게 3가지 동작모드를 적용하였다. 먼저 첫 번째 모드

는 온도유지만 제공하며, 두 번째 모드는 온도유지, 공기방울 기능, 세 번째 모드는 온도유지, 진동, 공기방울을 모두 제공한다. 본 실험에서는 각 모드에서 일어나는 생체신호변화를 모드별로 모두 측정하도록 하였으며, 이때의 체열변화를 분석하였다.

본 실험에서 ECG파형을 통한 HRV분석을 위한 계측 시스템으로 MP100(BIOPAC System Inc.)모듈이 사용되었는데, 측정방법은 LEAD I을 따르고 sample rate는 512Hz로 하였다. HRV 분석을 통해 사람이 안정을 취하고 있는 상태일 지라도 삼장의 박동과 박동간의 간격을 일정하지 않고 조금씩 변화하는 것을 관찰할 수 있는데, 이를 통해 신체의 자율신경계의 변화 정도를 알 수 있다. 이러한 HRV (heart rate variability)의 분석은 일반적으로, 심박변동의 전력스펙트럼 상에는 세 가지 주요한 주기성분이 존재한다. 첫째는 0.2Hz에서 0.4Hz 사이에 존재하는 호흡활동과 관련된 고주파성분(HF 성분), 둘째로는 혈압조절 메커니즘의 활동을 반영하는 0.1Hz 부근의 저주파성분(LF 성분)이며, 셋째로, MF구간으로서 0.08~0.15Hz구간이다. 이 파라메타를 중심으로 분석하였다.^{1,2}

적외선 체열 촬영 시스템으로는 Thermo-vision 570 (AGEMA Co.)이 쓰였는데, Fig. 1에서 처럼 피험자의 얼굴, 족부 온도 등을 측정하는데 사용되었다.

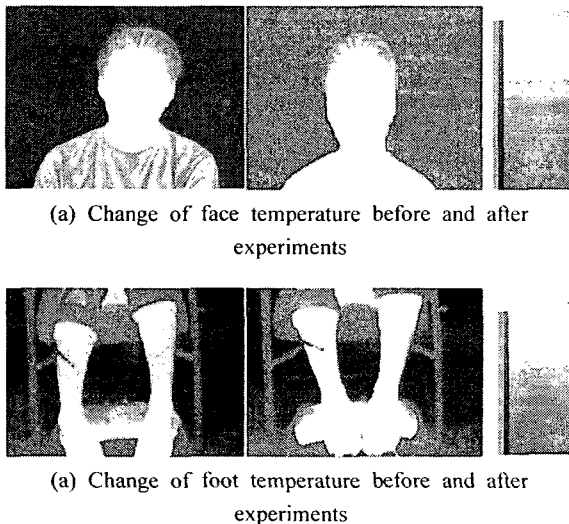


Fig. 1 Thermo-response of human body during foot-bathing

2.2 실험 방법

실험에 참여한 피험자는 20대의 정상인 남성 2명으로 이루어졌다. 실험은 온도가 20℃로 유지되며 적외선 카메라로 온도계측을 할 때 빛을 통한 방해요

소, 주변 소음으로 인해 환자에 미칠 수 있는 영향 등을 배제하기 위해 3m×5m×2.2m 크기의 암실에서 이루어졌다.

실험의 전체적인 진행은 Fig. 2과 같다. 실험 조건은 35도 일 때와 40도 일 때로 각각 설정을 하고 실험 1은 주어진 조건의 온도만 유지시켰을 때, 실험 2는 주어진 조건의 온도유지와 공기방울을 제공했을 때, 실험 3은 온도유지 및 공기방울, 진동모드일 때로 진행하였으며 실험 전, 실험 후와 5분 간격으로 적외선 체열 촬영 시스템을 통해 피험자의 얼굴 온도, 족부온도를 계측하였다.

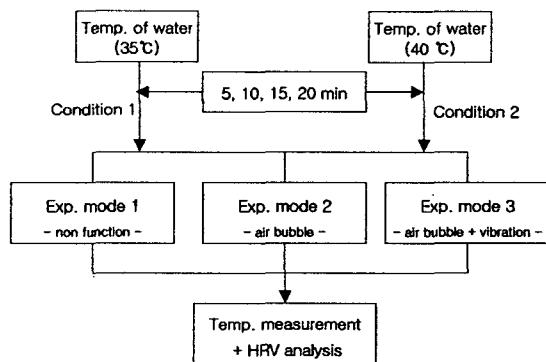


Fig. 2 Block diagram of experiment

이때 온도분석방법은 족부의 경우 사람마다 발의 크기가 다르므로 각각 측정된 결과에서 발등부위와 얼굴의 일정한 면적을 동일하게, 동일한 부위에 적용하도록 하여 평균값을 적용하였다.

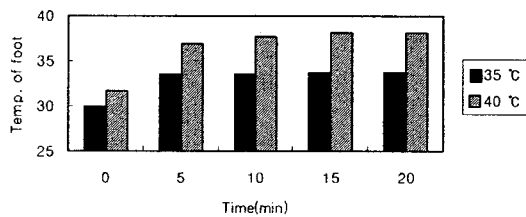
실험 진행은 피험자가 족욕을 통해 자율신경계에 영향을 받아 다음 실험에 영향을 주지 않도록 온도 조건별로 하루에 한번 진행하였다. 이러한 진행방법을 통해서 족욕이 인체 자율신경계에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

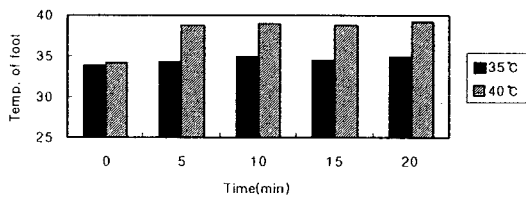
3.1 인체 온도계측

Fig. 3(a)와 같이 족욕기의 온도를 유지했을 경우 초기상태보다 시간이 경과함에 따라 족부의 온도가 증가하는 것을 알 수 있다. 온도유지와 함께 공기방울 효과를 제공했던 (b)의 경우도 변화량은 적으나 물 온도 조건이 35도, 40도 모두 10분경에 족부의 온도가 조금 증가하다가 15분경부터는 온도를 일정하게 유지하고 있음을 알 수 있었다. 이를 통해 각각 모드별로 족욕을 시켰을 경우 족부의 온도는 실험 전 상태에 비해 모드별 제공 후 제공된 물의 온도와 매우 근접하게 올라가는 것을 알 수 있었다.

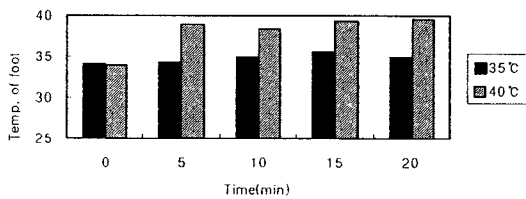
얼굴온도는 실험 전, 후로 나뉘어서 측정하도록 하여 실험 전과 후의 얼굴 온도특성을 분석하였다. 얼굴 온도의 경우 실험 전인 초기온도가 족부에 비해서는 비교적 심부온도에 가까운 것으로 나타났으며 Fig. 4처럼 족부에서 나타난 결과와 비슷한 값이 나왔다. 다만, 35도일 때 족부의 경우 평균적으로 제시된 물 온도인 35도를 넘는 경우가 거의 없었으나 얼굴 온도의 경우는 평균적으로 그보다 높았고, 40도의 경우에는 얼굴 온도가 족부의 온도보다 낮게 나오는 경향을 보인다. 이는 족부의 경우 물에 직접 담그기 때문에 직접적으로 물의 영향을 받아서 생긴 결과라 생각되며, 얼굴 온도의 경우 신체 항상성에 의해 심부온도를 크게 벗어나지 않으려는 작용에서 기인한 것으로 보인다. 또한 모드별 얼굴온도를 볼 때 각 모드별로 작용하는 기작이 더 많을수록 얼굴 온도가 더욱 증가하는 것을 볼 수 있다.



(a) Condition of mode 1

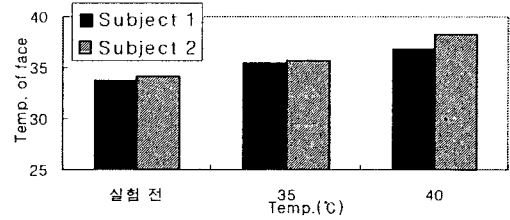


(b) Condition of mode 2

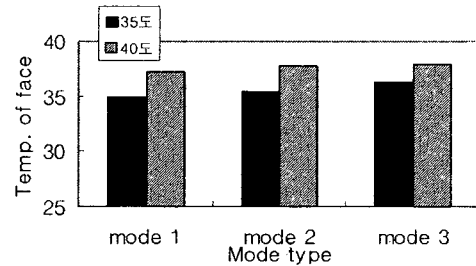


(c) Condition of mode 3

Fig 4. Temperature of foot on mode type



(a) Temperature of face on temperature of water



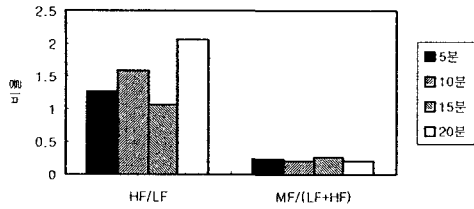
(b) Temperature of face on mode

Fig. 5 Temperature of face on temperature of water and mode type

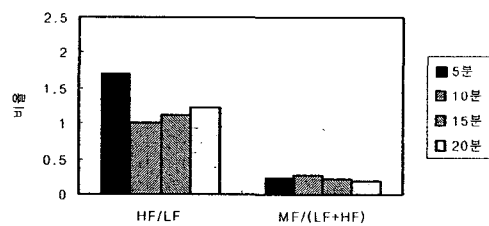
3.2. 온도별 HRV 분석

온도별 HRV의 분석 데이터는 그림 6에 나타내었다. 먼저 Fig. 5(a)의 경우 35도에서의 HRV를 분석한 것으로서 15분에 HF/LF의 비가 떨어진 것을 제외하면 점차 증가하는 모습을 볼 수 있다. 부교감신경을 반영하는 HF가 LF에 비해 비교적 높게 나오는 것을 알 수 있다. 이는 피험자의 자율신경계에 부교감신경의 영향이 더욱 증가하여 비교적 긍정적인 영향을 미침을 알 수 있으며, 40도에서 측정된 결과 값을 보더라도 점차적으로 신체의 자율신경계에 미치는 부교감신경의 작용이 더욱 증가됨을 알 수 있다. 또한 35도 보다는 40도에서 좀더 부교감신경의 작용이 높다는 것을 알 수 있다. 이것은 35도 보다는 40도에서 보다 신체의 자율신경에 긍정적인 영향을 끼침을 알 수 있다.

또한 MF/(LF+HF)는 온열쾌적감의 정량적 지표로서 점차 시간이 갈수록 감소되어가는 경향을 보이는데, 이 또한 부교감신경의 활성화의 형태를 보여준다고 할 수 있다. 하지만 Fig. 5(c)에서 40도에서는 35도에 비해 약간 높게 나왔는데, 이는 체내 항상성을 이루는 과정에서 나온 결과라 생각되며, HF/LF에 비해 그 차이 정도가 낮으므로 크게 고려하지 않아도 될 요인으로 보인다.

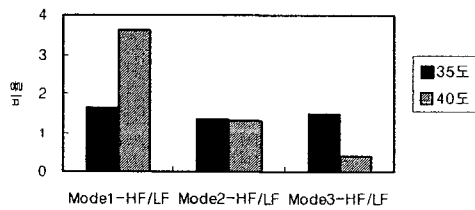


(a) HRV on 35°C

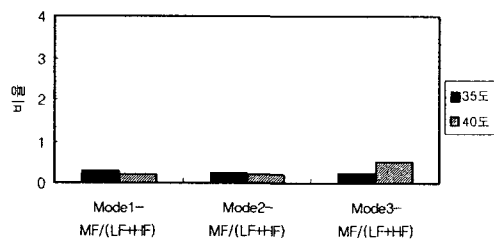


(b) HRV on 40°C

Fig. 6 HRV on temperature of water



(a) HF/LF on mode



(b) MF/(HF+LF) on mode

Fig. 7 HRV on mode

3.3 모드별 HRV 분석결과

각 모드별 HRV 분석은 Fig. 7과 같다. 모드 1은 온도유지만 제공 하였을 때이며, 모드 2는 온도유지와 공기방울 제공할 때, 모드 3은 온도유지, 공기방울 제공, 진동을 제공하였을 때의 결과로 35도에서는 HF/LF와 MF/(LF+HF)가 큰 차이를 보

이지 않는 것으로 보다 신체의 자율신경계에 미치는 두드러진 차이는 보이지 않는다. 하지만 40도를 주어졌을 때는 두드러진 차이를 보이고 모드 1일 때는 HF/LF는 높은 값을 기록하고, MF/(LF+HF)는 비교적 낮은 값을 보이며 부교감신경의 활성을 보인다. 하지만 모드 3으로 갈수록 교감신경의 활성을 보여준다. 이는 높은 온도의 상태 일수록 지속적인 변화 및 자극은 오히려 좋지 않는 영향을 끼칠 수 있는 것으로 보인다.

4. 결론

족부 및 얼굴에서의 온도변화는 실험 전 초기 상태보다는 증가되어 거의 물 온도에 가깝게 변화였고 얼굴의 경우 특히 족부와는 달리 35도일 때는 족부보다 온도가 다소 높은 경향을 보였으나 40도에서는 인체의 심부온도와 거의 유사한 상태를 보였다. 이는 족욕이 족부를 비롯한 다른 신체 부위도 영향을 끼침을 알 수 있었다.

ECG계측을 통해 이루어진 HRV 분석은 온도별 계측 결과를 보면 족욕을 통해 교감신경보다는 부교감신경이 활성화되었다. 특히 35도보다는 40도에서 부교감신경의 작용이 더욱 활발함을 관찰할 수 있었는데, 이는 족욕 수행 시 35도보다는 40도가 부교감 신경계 활성화에 더 큰 영향을 끼침을 의미한다. 각 모드별 HRV 분석에서는 35도에서는 각 모드별로 큰 차이점이 없었으나 40도에서 실험 조건이 더하여 질수록 교감신경이 활발해졌다. 이것은 족욕 중에 온도 외의 다른 외부요인이 간섭되면 오히려 교감신경의 활성을 촉진한다는 것을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 교육인적자원부 주관, 헬스케어기술개발사업단 지원으로 이루어진 것임.

참고문헌

1. C. O. Park, Y. H. Jang, S. D. Min, S. G. Kang, C. K. Lee, M. H. Lee, "A study on human Autonomic nervous system activities by far-infrared ray hyperthermia", J. Biomed. Eng. Res., Vol. 25, pp. 465-470, 2004.
2. S. J. Pieper and S. C. Hammill, "HRV Technique and Investigational Applications in Cardiovascular Medicine", Mayo Clin Proc, Vol. 70, pp. 955-964, 1995.