

# 통기기능을 가진 신발의 보행 중 내부 온도변화에 관한 연구 Research of temperature change on inside of ventilation shoe during walking

\*#김민우<sup>1</sup>, 조창익<sup>2</sup>, 김명훈<sup>2</sup>, 박자연<sup>2</sup>

\*#M. W. Kim(mwkim@kiflt.re.kr)<sup>1</sup>, C. I. Cho<sup>2</sup>, M. H. Kim<sup>1</sup>, J. Y. Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국신발피혁연구소, <sup>2</sup>(주)광성산업

Key words : Ventilation, Shoe, Temperature, Walking

## 1. 서론

신발을 신고 있을 때 신발 내부의 온도는 체온에 의해 상승한다. 이 열로 인한 땀으로 높은 습도를 유지하게 되어 비위생적인 상태와 불편감을 야기한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 통기기능을 가진 신발이 개발되어 시중에 판매되고 있다.

그러나 대부분 특별한 구조적 기능을 가지기보다 보행에 의한 펌핑동작으로 공기를 신발 내부에서 순환시키는 형태를 가진다. 보다 효과적인 통기기능을 위해서는 유동의 방향을 제어할 수 있는 체크밸브와 외부의 공기를 유입 또는 내부의 공기를 외부로 배출시킬 수 있는 구조가 필수적이다.

본 연구에서는 기존의 내부순환형 통기신발을 개선하기 위해 유동방향의 제어와 외부공기의 유입/배출 구조를 가진 신발을 제작하여 그 효과를 실험을 통해 검증하였다.

통기성 신발을 신고 보행하였을 때 신발 내부 온도변화를 측정하기 위해 온도측정 실험을 실시하였다. 온도 측정에 사용된 장치는 트레이드밀과 T형 열전대, 데이터 수집장치 이다. 신발 내부의 온도 측정을 위해 토(toe) 또는 미드솔(midsole) 공기유동 통로에 열전대를 설치하였고, 기준이 되는 발의 체온을 측정하기 위해 발등에 열전대를 부착하였다. 실험은 총 4차에 걸쳐 이루어 졌다.

## 2. 실험시편

실험에 사용된 신발은 총 8종으로 다음과 같다. 1차 및 2차 실험에 사용된 시편은 통기기능이 없는 일반적인 구조의 신발(None)과 기존의 내부 순환형 통기구조를 가진 신발(T1), 내부의 공기를 강제로 배출시키도록 체크밸브가 설치된 통기성 신발(T2), 외부의 공기를 강제로 유입시키도록 체크밸브가 설치된 신발(T3)이 사용되었다. 온도센서는

토(Toe) 부분에 설치되었다.

3차 실험에 사용된 신발은 통기기능이 없는 신발(None)과 순환형(M1), 배출형(M2) 신발이 사용되었다. 보다 정확하고 안정적인 측정을 위해 온도센서의 위치가 미드솔 내부로 변경되었다.

4차 실험에서는 유입구를 뒷꿈치 내부로 옮겨 인솔에 의해 개폐가 가능한 구조로 개선한 유입형 신발을 실험하였다. 비교신발로 3차 실험에서 사용한 체크밸브를 가진 배출형 신발(M2)를 사용하고 수정된 유입형구조에 체크밸브를 추가한 신발(M3), 체크밸브를 제거한 신발(M4)를 사용하여 실험하였다.



Fig. 1 Sensor location on toe and midsole

## 3. 실험내용

### 1) 1, 2차 실험

실험 방법은 1명의 피험자가 30분간 예비보행을 하여 체온을 상승, 유지시킨 후 각 시편을 왼쪽 발에 착용하고 7분간 보행하여 신발내부와 발등에 부착된 온도센서에서 측정되는 온도의 변화를 실시간으로 측정하여 저장하였다. 7분 보행 후 3-5분간 신발을 벗고 체온을 식힌 후 다시 다음 시편신발을 신고 7분간 보행하였다. 보행 속도는 3.5 km/h, 초기 예비보행 후 기준체온은 33~34℃였다. 1차 실험에 사용된 시편은 None, T1, T2, T3 이다.

2차 실험은 1차 실험을 재현하기 위해 동일한 조건으로 다시 실험을 실시하였다.

### 2) 3차 실험

앞선 실험에서 센서의 진동을 줄이기 위해 신발 내부 센서의 위치를 미드솔의 내부 공기 순환구멍 입구로 변경하였다. 또한 센서의 측정부위를 실리 콘으로 패킹하여 진동을 방지하였다. 실험조건은 보행시간을 기존 7분에서 15분으로 변경하였다. 실험에 사용된 시편은 None, M1, M2이다.

3) 4차 실험

3차 실험의 결과를 바탕으로 1, 2, 3차 실험의 결과를 분석하여 개발제품의 구조를 변경하여 수행되었다. 센서의 위치는 3차 실험과 같이 미드솔에 설치하였다. 보행시간은 10분으로 조정하였다.

3. 실험결과

1) 1, 2차 실험

1차 실험 결과 신발 내 온도증가는 None 2.0°C, T1 1.83°C, T2 1.87°C, T3 1.39°C의 온도증가를 보였다. None의 온도증가량을 기준으로 T1은 92.0%, T2는 93.6%, T3는 69.7%의 온도증가를 보였다. 2차 실험 결과 신발 내 온도의 증가량은 None 1.97°C, T1 2.02°C, T2 90.0°C, T3 1.42°C의 온도증가를 보였다. None의 온도증가량을 기준으로 T1은 102.6%, T2는 90.0%, T3는 72.3%의 온도증가를 보였다.

Table 1 Temperature increase ratio on 1st and 2nd test

|     | None   | T1     | T2    | T3           |
|-----|--------|--------|-------|--------------|
| 1st | 100.0% | 92.0%  | 93.6% | <b>69.7%</b> |
| 2nd | 100.0% | 102.6% | 90.0% | <b>72.3%</b> |

2) 3차 실험

3차 실험 결과 신발 내 온도의 증가량은 None 7.0°C, M1 6.9°C, M2 5.1°C의 온도 증가를 보였다. None의 온도증가량을 기준으로 M1은 97.8%, M2는 72.9%의 온도증가를 보였다.

1, 2차 실험에 비해 보행시간이 길었기 때문에 온도상승량의 차이가 더 크게 나타났다. M1의 경우 None와 큰 차이가 없었으며 1, 2차 실험의 결과와 함께 유추해 볼 때 신발 내 온도 상승억제 효과가 거의 없다고 판단된다. 이에 비해 M2의 경우 None에 비해 확연히 온도 상승이 억제되는 것을 볼 수 있다. 1, 2차 실험의 결과와도 일치하는 특성을 보이고 있다.

3) 4차 실험

4차 실험 결과 신발 내 온도의 증가량은 M2 8.5°C, M3 7.9°C, M4는 7.8°C의 온도 증가를 보였다. M2의 온도증가량을 기준으로 M3는 93.0%, M4는 92.0%의 온도증가를 보였다.

개선되니 유입형 구조인 M3와 M4에 대한 실험으로 두 모델 모두 M2에 비해 7~8% 온도상승이 억제되는 것을 확인하였다. M4의 경우 체크밸브가 없음에도 불구하고 내부로 유입되는 공기가 보행동작에 의해 자동적으로 단방향 유동형태로 작동되어 M3와 유사한 결과가 나타난 것으로 보인다. 이때 오히려 별도의 체크밸브가 없음으로 인해 통기유량이 늘어나는 장점도 기대된다.

Table 2 Temperature increase on 3rd and 4th test

|     | None   | M1           | M2           |
|-----|--------|--------------|--------------|
| 3rd | 100.0% | 97.8%        | <b>72.9%</b> |
|     | M2     | M3           | M4           |
| 4th | 100.0% | <b>93.2%</b> | <b>92.1%</b> |

4. 결론

실험결과 신발 내 온도상승을 억제하는데 있어서 유동제어가 없는 단순 내부 순환형 구조의 경우 온도상승 억제효과가 거의 없는 것으로 확인되었다.

유동제어를 통한 외기 유입형 또는 내기 배출형 구조가 신발 내부 온도 상승 억제효과가 있었으며, 그 중 외기 유입형 구조가 온도상승 억제효과가 가장 큰 것으로 확인되었다.

참고문헌

1. J. C. González, E. Alcántara, A. Bataller, A. C. García, "Physiological and subjective evaluation of footwear thermal response over time", Proc. of the 5th Symp. on Footwear Biomechanics, pp. 40-41, 2001
2. Fuquan Deng\*, Taisheng Gong, Hua Jin, Shaoxun Du, "Research on Factors Influencing Temperature and Relative Humidity Inside of Shoes", XXX IULTCS Congress, 2009