

착용자의 땀에 반응하여 열리는 통풍 구조 운동복 개발



1. 서언

미국 MIT(Massachusetts Institute of Technology) 연구팀은 운동선수의 체온과 땀에 반응하여 개폐되는 환기 플랩(flap)을 장착한 통기성 운동복을 개발하였다. 환기용 플랩은 손톱 크기부터 손가락 크기까지 다양하며, 습도의 변화에 반응하여 수축되고 팽창하는 살아있는 미생물 세포가 배열되어 있다. 이 세포는 작은 센서와 액추에이터(actuator) 역할을 하여 운동선수가 땀을 흘리면 플랩을 열고 몸이 차가워지면 플랩을 닫는다. 또한 유사한 세포 적용 플랩을 내부층에 배치하여 공기와 습기를 배출할 수 있는 운동화도 개발하였다.

직물에 살아있는 세포를 사용한 이유는 수분 반응 세포(moisture-sensitive cells)가 습도를 감지하고 반응하는데 추가 요소가 필요 없기 때문이라고 한다. 또한 여기에 사용된 미생물 세포는 만지거나 심지어 먹어도 안전하다는 점이 입증되었다. 현재 유전자 공학을 통해 세포를 대량으로 신속하게 생산할 수 있으며, 수분 반응 외에도 다양한 기능을 제시할 수 있다고 한다. 플랩이 열렸다는 것을 증명하기 위해 연구팀은 습기 반응 세포가 습한 환경에 반응하면 플랩을 당겨 열고 빛을 내도록 하였다.

연구팀에서는 세포에 유전공학적 기술을 접목하여 살아있는 세포에 여러 가지 다른 기능을 도입할 수 있으며, 그 예로써 형광 기능을 넣어 착용자가 어둠 속에서

달리고 있을 때 주변인들이 알 수 있도록 하였다. 미래에는 유전 공학을 통해 냄새 방출(odor-releasing) 기능을 적용할 수 있을 것이며, 이러한 기술로 체육관에 가면 운동복이 좋은 냄새를 내게 될 것이다.

2. 형태 변형 세포(shape-shifting cells)

생물학자들은 슬방울 비늘(scale)에서부터 미생물 세포 및 특정 단백질에 이르기까지 다양한 생물체와 구성 요소가 습도 변화가 있을 때 구조나 체적을 변화시킨다는 것을 관찰하였다. MIT 연구팀은 효모, 박테리아 및 기타 미생물 세포와 같은 자연적 형태 변화체가 수분 반응성 섬유소재를 구성하는 재료로 사용될 수 있다고 가정하였다.

이들 세포들은 매우 강하기 때문에 세포를 적용한 기질체를 휘도록 할 수도 있다고 한다. 연구팀은 첫 번째로 습기에 반응하여 팽창하고 수축하는 변이가 큰 것으로 밝혀진 대장균 비병원성 균주를 연구하였다. 녹색 형광 단백질을 발현하도록 세포를 추가로 조작하여 세포가 습한 상태를 감지했을 때 빛을 내도록 하였다. 다음으로 대장균을 거친 천연 라텍스 시트에 적용하기 위해 이전에 개발한 세포 인쇄 방법을 사용하였다.

연구팀은 대장균을 라텍스 시트에 평행한 줄 형태로 인쇄하고, 2층 구조를 만든 뒤 이 소재를 습도 변화에 노출시켰다. 실험 소재를 건조시키기 위해 핫플레이트에 놓았을 때 세포가 수축하기 시작하여 위쪽의 라텍스 층이 말려 올라갔다. 실험 소재를 수증기에 노출시켰을 때 세포가 빛나고 팽창하기 시작하여 라텍스가 평평해졌다. 이러한 건/습 실험조건을 100 번 수행한 후에도 세포층 및 전반적인 성능에서 급격한 저하는 나타나지 않았다.

3. 땀 제거

연구팀은 바이오 섬유소재(biofabric)를 적용할 수 있는 의복으로, 등 쪽에 세포가 적용된 라텍스 플랩이 달린 러닝복을 디자인하였다. 몸에서 열과 땀을 배출되는 영역을 고려하여 각 플랩의 크기와 열리는 정도를 조정하였다. 체온 상승 부분과 땀을 흘리는 부분이 같다고 생각할 수 있지만, 사실 척추골과 같은 일부 영역은 땀이 흘리지만 반면에 체온은 많이 올라가지 않는다. 몸에서 열을 많이 발생시키는 곳에 플랩을 크게 만드는 등 체온 상승과 발한 부분을 적절히 조합하여 설계하였

다. 각 플랩 아래의 지지 프레임을 통해 직물 내부 세포층이 피부에 직접 닿지 않도록 하면서, 동시에 세포는 피부 바로 위에 있는 공기의 습도 변화를 감지하고 반응할 수 있도록 하였다.

러닝복 착용평가를 위해 피험자들이 실험 의복을 착용하고 러닝머신과 자전거에서 운동을 하였으며, 등 쪽에 부착한 센서를 통해 온도와 습도를 모니터링하였다.

5 분간 운동을 한 후, 참가자들이 덥고 땀이 나는 느낌이 들기 시작할 때 옷의 플랩이 열리기 시작했다. 온습도 측정 결과에 따르면, 플랩은 신체에서 땀을 효과적으로 제거하고, 피부 온도를 낮추었으며, 비기능성 플랩이 달린 대조 실험복과의 차이가 확인되었다.

4. 통풍 신발

연구팀은 습기 반응 섬유소재를 러닝화에도 적용하였다. 착용자의 발바닥이 신발 바닥(sole)에 닿는 부위에 여러 개의 플랩을 적용하였다. 플랩이 아래쪽으로 휘어질 수 있도록 셀 적용층이 위로 오도록 하였지만 착용자의 발과 직접 접촉하지는 않도록 하였으며, 발 부위의 체온과 땀에 대한 정보를 바탕으로 플랩의 크기와 위치를 설계했다. 초기에는 신발 위쪽에 플랩을 적용하는 것을 고려했지만, 실제로 사람들은 발 위쪽으로 땀을 흘리지는 않으며, 주로 발바닥에서 땀이 많이 난다.

앞서의 러닝복과 마찬가지로 주변의 습도가 높아질 때 운동화의 플랩이 열리고 빛이 나며, 건조한 상태에서는 플랩이 닫히고 빛도 흐려진다.

5. 결론

앞으로 MIT 연구팀은 스포츠웨어 회사와 협력하여 개발품을 상품화하고, 습기에 반응하는 커튼, 전등갓 및 침대 시트를 비롯한 다양한 용도를 연구할 예정이다. 본 연구는 생물학을 활용하여 새로운 재료와 장치를 설계하고 새로운 기능을 확보하는 예로서 앞으로도 공학과 생물학의 융합을 통해 살아있는 재료 및 장치 개발이 가능할 것이다.

♠ MIT News, 2017. 5. 19