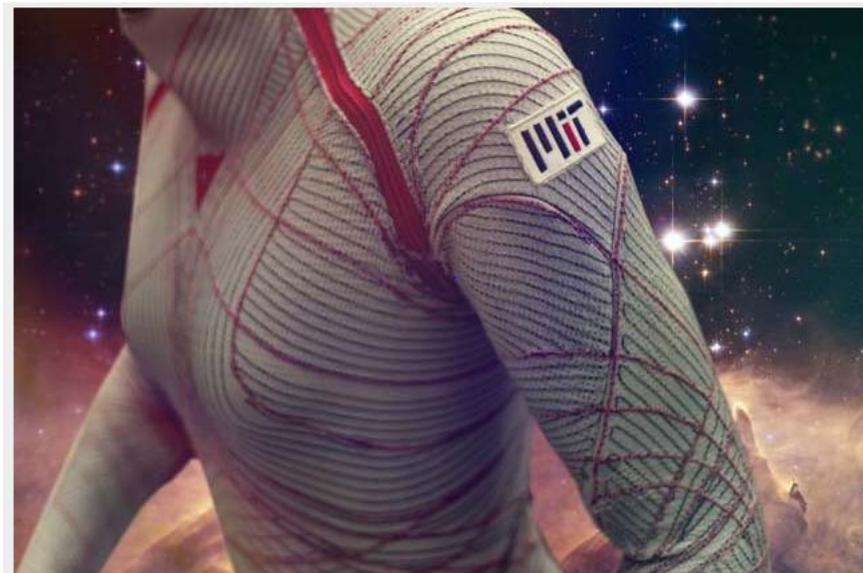


## 자동으로 몸에 밀착되는 미래의 우주복

앞으로 미래의 우주 비행사들은 기체 가압된 기존의 무거운 우주복으로 힘들게 들어가는 대신에, 작고 근육과 같은 코일로 안을 댄 경량의 신축성 있는 우주복을 입게 될 것이다. 이 새로운 우주복은 우주선의 전원 장치에 연결하여 스위치를 넣으면, 안쪽의 코일이 수축하면서 우주 비행사의 몸에 딱 맞도록 줄어들게 된다. 몸에 딱 달라붙는 새로운 우주복은 우주 비행사를 보호해줄 뿐만 아니라 우주 활동 중에 더 자유로운 활동을 영위할 수 있게 할 것이다. 이 우주복을 벗을 때는 단지 보통의 힘만 가해도 다시 느슨한 형태로 회복하기 때문에 쉽게 벗을 수 있을 것이다.



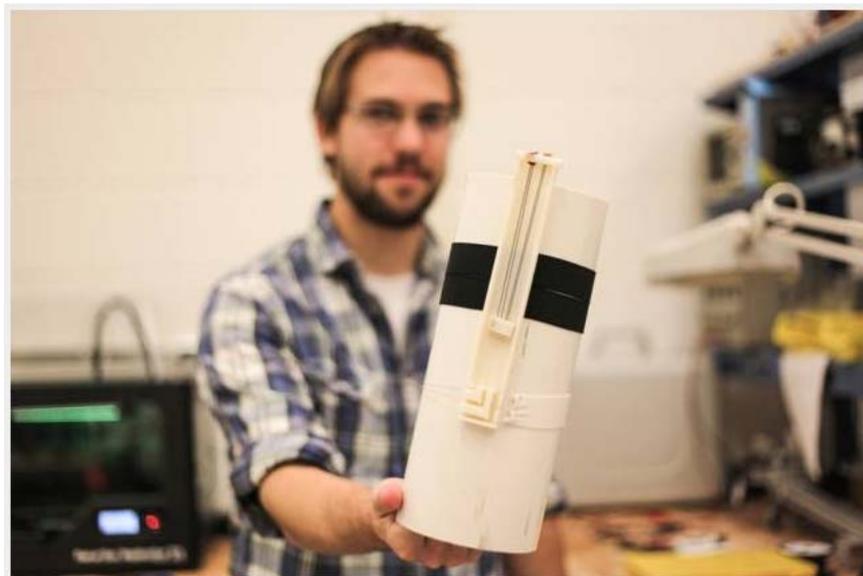
<그림 1 > MIT BioSuit

매사추세츠 공대(MIT)에서는 이와 같이 제2의 피부와 같은 능동적인 우주복을 실현시키기 위한 연구를 진행하고 있다. MIT 항공우주공학과 Dava Newman 교수 연구팀은 열에 반응하여 수축하는 성질을 가진 작은 용수철 형태의 코일이 결합된 능동형 압축 의복(active compression garment)을 개발하고 있다. 이 코일은 형상기억합금(shape memory alloy)으로 만들어졌다. 형상기억합금은 만들어진 형상을 기억하는 재료로, 굽혀지거나 변형되어도 열을 가

하면 다시 원래의 형태로 복귀하는 특징을 가지고 있다.

MIT 연구팀은 이 형상기억합금 코일을 압박대 형태의 소매에 결합한 뒤, 전류를 가하여 열을 발생시켰다. 특정한 온도에 도달하면 형상기억합금 코일은 기억된 형태인 스프링 형태로 수축하면서 소매를 단단히 조이게 된다. 관련 실험을 통해서 MIT 연구팀은 코일에 의하여 만들어진 압력이 우주에서 우주 비행사를 보호하는 데에 필요한 압력과 동등하다는 것을 발견하였다.

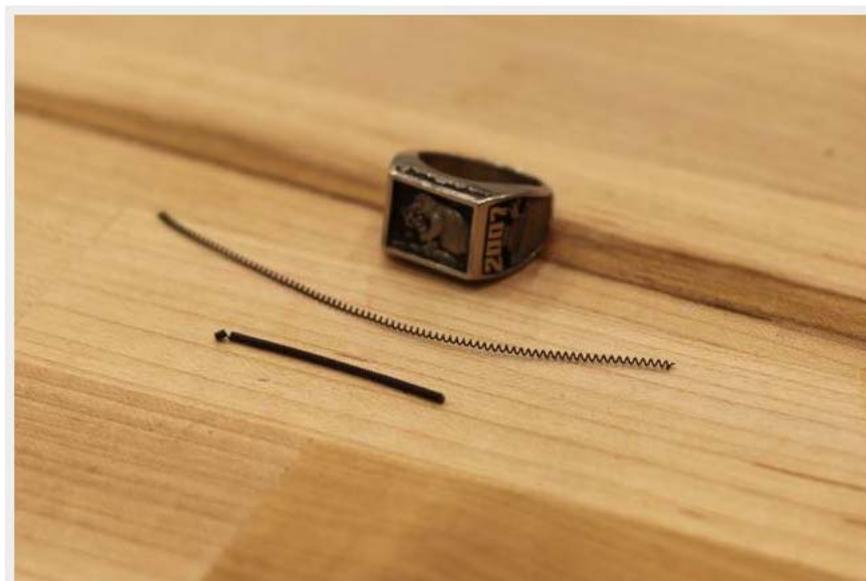
Dava Newman 교수에 따르면, 통상적인 우주복을 착용한 경우 우주 비행사는 진공인 우주에서 생명을 유지하기 위하여 1/3 기압 정도의 압력을 제공하는 기체 풍선 내에 있게 된다. MIT 연구팀은 가압용 가스를 사용하지 않고, 피부에 직접적으로 압력을 가하는 기계적 역압(counterpressure)을 통하여 동일한 압력을 가할 수 있다고 한다. 능동형 재료인 형상기억합금과 수동형 탄성을 가진 섬유소재를 결합하여, 최종적으로 행성 탐사를 위하여 탁월한 이동성을 제공하는 경량의 우주복을 개발하였다고 한다.



<그림 2> 3D프린터를 사용한 플라스틱과 형상기억합금을 결합한 작동기와 수동형 섬유소재를 사용한 초기 능동 압박대 디자인

몸에 딱 달라붙는 우주복은 과거에도 제안되었지만, 해결하기 어려운 한가지 장애물이 있었다. 몸에 꼭 조이도록 만들어진 압력 의복을 우주 비행사가 어떻게 입고 다시 어떻게 벗을 것인가 하는 문제였다. MIT 연구팀은 가열된 때만 수축하며, 냉각되면 더 느슨한 형태로 쉽게 되돌아 올 수 있는 형상기억합금을 사용하여 이 문제를 해결하고자 하였다.

형상기억합금 코일을 설계한 Bradley Holschuh박사는 우주용으로 가장 적합한 능동형 재료를 찾기 위하여 유전성 탄성체(dielectric elastomer)에서부터 형상기억폴리머(shape-memory polymer)에 이르기까지 형상이 변하는 14개의 재료를 고려하였으며, 마침내 니켈-티타늄의 형상기억합금으로 결정하였다. 니켈-티타늄의 형상기억합금을 작은 지름의 용수철 형태로 제조하여 뻥뻥이 감아서 압축한 형상을 기억시키면, 열을 가하였을 때 원래의 형상으로 수축하면서 압축하려는 힘을 가하게 된다. 형상기억합금은 적은 양으로도 이러한 특성 발현이 가능하며, 경량의 압축 의복에 사용하기에는 이상적이다. Bradley Holschuh박사는 우선 매우 가늘고 직선 형태의 형상기억 합금 섬유를 매우 뻥뻥하게 밀리미터 직경의 코일로 감은 후에 이 코일을 450 °C로 가열하여 그 형태를 기억된 원상태로 설정하였다. 상온에서 이 코일은 종이 집게처럼 늘리거나 굽힐 수 있다. 그러나 60 °C 정도의 특정 온도에서 이 섬유는 원상태로 기억된 뻥뻥한 코일 상태로 되돌아가기 시작할 것이다.



<그림 3> 형상기억합금 코일  
(위) 늘어난 형태 (아래) 수축한 형태

MIT 연구팀은 형상기억합금 코일을 소매에 연결된 작은 실에 연결하여, 코일의 배열을 탄성이 있는 소매로 만들었다. 그리고 이 코일의 양단에 납을 연결하고 전압을 가하여 열을 발생시켰다. 60 °C에서 160 °C 사이에서 코일은 수축하면서 연결된 실을 잡아당겼고, 이를 통하여 소매를 수축하게 만들었다. Bradley Holschuh박사에 따르면, 이것은 기본적으로 스스로 잠기는 버클로, 일단 착용자가 이 코일을 사용한 옷을 착용하고 전류를 코일에 가하면, 옷이 수축하면

서 착용자 몸에 우주 비행사 몸에 딱 맞게 수축포장(shrink-wrap)하면서 착용이 마무리될 것이라고 한다.

MIT 연구팀의 다음 과제는 우주복이 타이트한 상태를 유지하는 방법을 찾는 것이다. 이를 위한 방안으로는 다음의 2가지가 있다. 높은 온도를 유지하거나, 코일이 느슨해지지 않도록 하는 잠금장치를 추가하는 것이다. 첫 번째 방법은 우주 비행사가 과열되는 문제가 발생하며, 무거운 배터리 팩을 사용해야 하기 때문에 이동성을 저해하며, 제한된 전력 자원을 사용해야 하는 우주 공간을 고려하면 실현이 불가능한 것으로 보인다. 따라서 MIT 연구팀은 두 번째 방법으로 코일을 원 위치에 고정하거나 잠글 수 있는 방안을 찾고 있다.

코일을 우주복 안에 엮어넣을 위치에 관하여 MIT 연구팀은 여러 디자인을 고안하고 있다. 그 중 한 가지는 전체 코일이 우주복의 중심부위에 들어가며, 각각의 코일들은 우주복의 말단 부위까지 통과하는 실에 부착되는 형태이다. 코일이 작동하면 각각의 코일은 연결된 실을 잡아당겨 의복을 압축해서 몸에 밀착시키게 된다. 또다른 형태로는 코일 중 몇몇을 우주복 내의 전략적인 위치에 배치하여 우주복 전체에 적절한 압력을 유지하는데 적절하도록 부위별 압력을 가할 수 있게 하는 것이다.



<그림 4> 수동적인 섬유소재와 3D 프린트된 카트리지 구조로 배열된 여러 개의 작동기를 사용한 능동형 압박대를 사람의 팔과 유사한 구조물에 배치한 형태

이러한 연구 결과물은 우주복뿐만이 아니라 운동복이나 군복 등에도 활용할 수 있다. 예를 들어 전장에서 누군가가 상처를 입어 출혈이 발생할 때 압박대로 사용할 수 있다. 해당 의복에

센서가 부착되어 있다면, 착용자가 상처를 입었을 때 특정한 조작 없이 바로 지혈대로 작용하게 할 수 있다고 한다.

현재 MIT 연구팀은 우주복과 관련하여 이동성, 안전성을 향상하기 위한 연구로 진행하고 있으나, 이러한 연구결과는 우주복 외의 다양한 분야에서 인간 활동을 향상하는데 도움이 될 것이다.

♠ Phys.org, September 18, 2014