

로봇 패러다임 바꿀 인공근육 탄생

글_심재우 중앙일보 산업부 기자 jwshim@joongang.co.kr

전기반응 중합체(EAP)로 '로봇 물고기' 탄생

플라나리아라는 편형동물이 있다. 이 조그만 동물은 놀라울 정도의 재생 능력을 갖고 있다. 몸통의 일부를 떼어내도 정확하게 되살려내는 모습을 보고, 과학자들은 플라나리아의 재생 유전자 연구를 주요 토픽으로 여겨왔다. 도마뱀도 재생에 있어서만큼은 일인자라 할 만하다. 잘려진 부위를 원상회복시키는 도마뱀의 능력은 과학자들로 하여금 탄성을 자아내

게 한다. 재생에 관해서는 인간에 비해 뛰어난 능력을 갖고 있음이 분명한 셈이다.

21세기 들어 인간의 조직을 연구하는 재생공학이 줄기세포와 합쳐지면서 비약적인 발전을 이루고 있다. 알츠하이머 병을 앓고 있는 노인에게 줄기세포로부터 분화시킨 신경세포를 이식하는 등 다양한 재생 실험이 시도되는 중이다. 더 나아가 불

의의 사고로 사지 가운데 하나를 잃더라도 터미네이터에 나오는 미래 로봇처럼 다시 복원할 수 있다면 얼마나 다행스런 일인가.

여러 가지 조직 가운데 근육재생은 가까운 미래에 달성하기 힘든 난제로 여겨져왔다. 미오신과 액틴이라는 단백질의 오묘한 상호작용으로 수축과 이완을 반복하며 파워를 만들어내는 구조를 완벽하게 모방하기는 불가능에 가깝다는 것이 전문가들의 공통된 의견이다. 아무리 바이오나 나노기술이 발전하더라도 조물주의 능력을 따라잡기에는 역부족일 것이라는 전망이 우세하다.

그러나 근육과 같이 가벼우면서 간단한 전기자극으로 힘을 발생시키는 장치는 과학자들의 오랜 숙원이었다. 쇠붙이를 이어붙여 전기모터를 달아 작동하는 기존의 장치는 힘은 넘치지만 크기나 무게를 따져볼 때 적용 범위에 한계가 있었다.

실리콘, 아크릴에 전기자극으로 구동

이같은 어려움을 갈아치울 유력한 후보가 실리콘이나 아크릴 등으로 만들어지는 전기반응 중합체(EAP; Electroactive Polymer)이다. 비록 근육조직과는 구조적으로 상당한 차이를 보이지만 어차피 근육의 움직임도 세포간의 전위차에 따른 신호전달을 통해 일어나는 만큼 약간의 전기로 구동되는 방식은 근육의 움직임을 정밀하게 모방한 것으로 평가받고 있다.

일본 오사카의 이맥스 코퍼레이션이 최근 개발한 100 달러 짜리 로봇 물고기도 EAP를 이용한 것이다. 약간의 전기자극을 EAP 좌우에 번갈아 주게 되면 꼬리를 좌우로 흔들어 마치 물고기가 실제 움직이는 것과 같은 효과를 낸다. 이 물고기는 EAP를 이용한 최초의 상품으로 기록됐다.

미국의 과학대중잡지 '사이언티픽 아메리칸'은 최근호에서 EAP 분야에 일대 혁신이 몰려오고 있다며 조만간 인간의 근육을 뛰어넘는 인조근육이 EAP로부터 탄생할 것이라고 전망했다. 과학자들이 오랫동안 찾아헤매던 가벼운 물질, 그러면서도 약간의 전기에 자체적으로 움츠러들었다가 팽창이 가능한 물질의 개발이 가시권에 들어섰다는 진단이었다. 바로 EAP가 전

기모터를 대체할 수 있는 유력한 대안이라는 것이다.

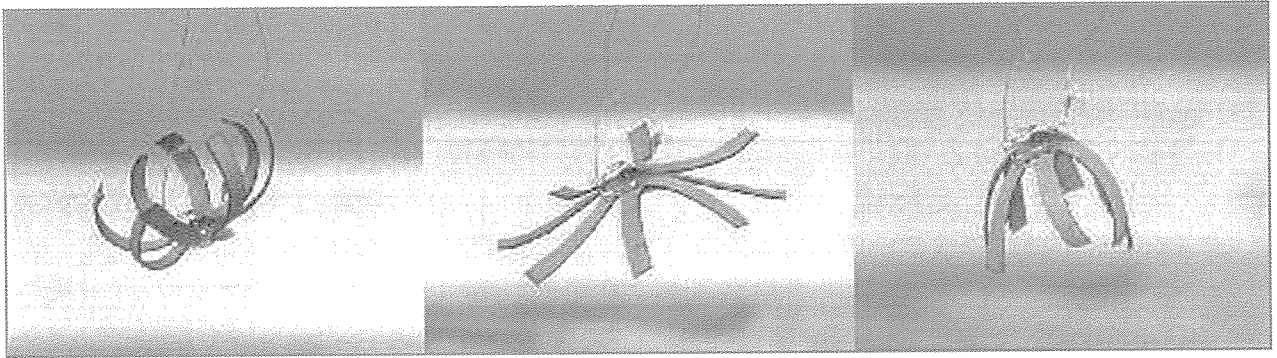
EAP의 원리는 다음의 상황을 상상하면 간단하다. 두 개의 금속판 사이에 스펀지를 집어넣고 서로 다른 전기를 흘려줄 경우 양극과 음극을 띤 금속판은 서로 붙기 위해 스펀지를 짓누른다. 결국 스펀지는 전기의 공급방식에 따라 수축과 팽창을 거듭하며 늘어나거나 움츠러드는 운동성을 갖는다.

이같은 방식을 미세한 수준으로 발전시킨 것이 EAP이다. EAP는 전자회로의 정유기(capacitor) 역할을 한다. 양면에 분사된 탄소가 전극이 만들어졌다. 전압이 걸리면 전극간에 인력이 생겨 박막이 줄어드는 현상을 이용한 것이다. 최근에 개발된 EAP는 원래 길이의 최대 5배까지 늘어나는 것으로 보고됐다. 초경량이면서 수축과 이완을 아무리 많이 해도 전체조직에 균열이 생기지않게 특수 제작됐다. 한도 이상의 전압이 흐를 경우 EAP의 조직에 돌이킬 수 없는 손상이 입혀질 수 있어 각별한 주의가 요구된다. 유연성이 좋아 경우에 따라서는 말아서 사용하거나 훔겁 또는 여러 점으로 겹쳐서 사용이 가능하다.

이같은 EAP의 배열을 어떻게 하느냐에 따라 인간의 손가락을 대신할 수도 있고 또는 굴착기 역할도 가능하다. 예를 들어 원통의 내부를 반으로 구분한 뒤 양쪽의 전기 공급을 달리할 경우 한쪽은 움츠러들고, 나머지 한쪽은 늘어나면서 원통이 특정 방향으로 구부러질 수 있다. 이를 좀더 미세하게 기를 경우 인간이 원하는 방향으로 구부러질 수 있도록 조작할 수 있고, 좀더 세분할 경우 손가락처럼 움직이게 만들 수 있다는 것이다.

원통이 아닌 다른 형태로도 만들 수 있어 활용 분야는 무궁무진하다. 리본 형태의 EAP 여러 개를 하나의 추에 달고 전기를 흘리게 되면 리본은 위 또는 아래를 향하게 할 수 있어 원하는 무언가를 잡아올릴 수 있는 집게가 된다. EAP 연구가 활발한 상태로 계속된다면 조만간 고양이처럼 부드럽게 착륙할 수 있고 메뚜기처럼 멀리 뿔 수 있는 간단한 로봇의 제작도 가능해진다는 얘기다.

수축과 팽창이 전기자극에 의해 빠른 속도로 이뤄지다보니 팔뚝 크기의 굴착기 모델도 선을 보였다. EAP 분야에서 가장 앞선 기술을 갖고있는 것으로 알려진 미국의 SRI 인터내셔널



전기공급방식에 따라 아래위로 구부러지는 '전기반응 중합체'

사는 주사기 모양의 굴착기를 만들어 순식간에 10cm 깊이의 구멍을 내는데 성공한바 있다. 이 회사는 뒤통치에 구두약 모양의 EAP를 장착, 새로운 개념의 군화를 만들어냈다. 기계적인 힘이 EAP에 가해지면 EAP의 박막은 양극과 음극으로 분리되는 현상이 일어나 전압차가 생긴다는 사실을 응용한 것이다. 뒤통치에 힘이 실려 압축됐을 때 발생한 전기(1~2W)를 곧바로 EAP가 팽창하는데 사용, 군인의 걸음걸이를 보다 가볍게 해주는 방식이다. 육상선수가 이 기술을 이용한 운동화를 신을 경우 여러 종목에서 기록경신이 이어질 것으로 전망된다. 물론 스포츠 정신에 위배되는 것은 분명한 사실이다.

탄소나노튜브 접목한 EAP 개발 한창

SRI인터내셔널의 필립 구겐버그 상용화 연구팀장은 이 기술이 전기로 움직이는 기계 영역에 혁명을 가져올 것으로 예상하고 있다며 각종 센서는 물론 초경량 박막형 스피커 등에도 사용이 가능해 새로운 시장을 형성해 줄 것이라고 말했다.

EAP가 특히 각광을 받는 분야가 우주개발이다. 우주선에 무거운 지게차를 싣고 지구의 대기권을 벗어나는 일은 매우 무모한 수준이라는 판단하에 보다 가벼운 전동기구가 필요했다. 최근 일본이 소행성 탐사를 위해 보낸 로켓에는 손바닥 크기의 탐색로봇이 있는데, 이 로봇의 팔 또한 EAP를 응용한 것이다. 전기가극에 따라 손가락 모양처럼 구부러지거나 펼 수 있어 소행성의 암석표본을 지구로 갖고 올 수도 있다.

미항공우주국(NASA) 제트추진연구소의 요셉 바코언 박사는 1992년부터 전세계 EAP 연구를 진두지휘해온 인물이다. 우주

개발에 EAP가 필수라는 NASA의 전략에 따라 바코언 박사가 EAP 연구 프로젝트를 맡아 지난 10여년간 연구비를 집행하며 EAP 뉴스레터와 웹사이트를 운영중이다. 바코언 박사는 EAP가 우주개발에 응용되기 시작한 건 빙산의 일각이다. 현재 알려진 것 만큼 널리 쓰이고 있지는 않지만 가까운 미래 로봇의 패러다임을 바꿔줄 것으로 확신한다고 말했다. 바코언 박사는 최근 인간과 팔씨름을 벌여 이길 수 있는 첫번째 로봇팔을 찾는다는 포스터를 내걸었다. 물론 EAP를 이용한 로봇팔이어야 한다. 요즘에는 상금을 줄 수 있는 스폰서까지 물색중이다. 그만큼 EAP를 이용한 로봇팔의 탄생이 임박했다는 판단에서다.

최근 들어서는 탄소나노튜브를 접목한 EAP 개발이 한창이다. 국내에서도 부산대 김복기(물리학과) 교수가 미국 텍사스주 럽대 나노텍연구소와 공동연구를 펼쳐 탄소나노튜브를 이용한 다기능성 초강도 섬유를 개발하는데 성공, 관련 내용을 지난 6월 네이처지에 실었다. 미국 뉴욕타임스와 월스트리트저널, USA투데이 등도 네이처를 인용, 전기저장 능력이 우수할 뿐 아니라 현존하는 섬유 가운데 가장 높은 강도를 자랑한다고 상세히 보도했다. 이 섬유를 이용하면 사람의 근육보다 100배 정도 강한 인조근육을 만들어 의료용으로 사용할 수 있다는 것이다.

과연 EAP가 인간의 근육을 대신할 수 있을까. 이에 대해 화학연구원 이해방 박사는 EAP와 같은 물질이 인간의 몸속에서 어떤 반응을 보일지에 대해서는 안전성 테스트 등 다양한 임상실험을 거쳐야 한다며 의수나 의족을 대체할 수는 있어도 실제 체내에 응용하려면 상당한 시간이 필요할 것이라고 말했다. ㉔