

1 첨단 인공 팔다리

인간과 기계의 일체화 기술에 도전한다

글 | 문무성 _ 재활공학연구소 소장 msmun@korec.re.kr

1970년대에 방영된 TV 시리즈물 중에 '소머즈(원제 Bionic Woman)'란 프로그램이 있었다. 드라마 속의 주인공은 사고로 신체의 대부분 기능을 잃어버리지만 과학기술의 도움으로 초능력자로 재탄생한다. 덕분에 그녀는 작은 소리도 생생하게 들을 수 있는 귀, 자동차를 들어 올릴 수 있는 오른팔, 그리고 높은 장벽

을 훌쩍 뛰어넘는 초능력 다리를 가지게 된다. 그 후 30년이 지난 지금, 과연 오늘의 첨단 과학기술에서 '바이오닉 맨'은 가능한 얘기인가?

'바이오닉 맨'이란 다른 말로 흔히 사이보그로도 표현하며, 'Cybernetic'과 'Organism'의 두 단어를 합성한 사전적인 의미에

서 인간과 같은 생물과 기계장치의 결합체를 나타내고 있다. 보통 중앙제어장치인 뇌 이외의 모든 기관들, 즉 팔, 다리, 각종 감각기, 내부 장기 등을 인조물로 교체한 개조 인간을 지칭하며, 현재의 재활공학의 기본 연구 방향이 되고 있다.

인간과 똑같은 모습으로 인간과 닮은 행동을 하는 로봇을 말하는, 영화 '터미네이터'의 인조인간 안드로이드의 현실화는 아직도 더 긴 시간의 노력이 필요하겠지만, 최근의 BT, NT, RT 분야 등 눈부신 과학기술의 발달로 조지공학을 이용한 배양장기 연구와 더불어 로봇형 인공 팔과 다리와 체내 이식이 가능한 심장 등 장기와 감각기 등이 상용화되고 있다. 바이오닉 기술은 더 이상 아이디어가 아닌 21세기 최첨단의 의료기기 기술로 자리매김하고 있다.

인체 기능을 대체하는 이식형 인공장기들은 미국, 유럽, 호주 등 의료 선진국에서는 이미 중요한 고부가 가치의 기술



시카고재활연구소에서 개발한 인공 팔 시스템을 시험중인 바이오닉맨 제시 설리번의 모습



KOREC에서 보급하고 있는 근전위 제어 지능형 동력외수



집약형 산업으로 자리잡고 있으며, 국내에서도 고령화 사회로의 진입과 삶의 질 향상에 대한 욕구가 증가하고 있으므로 향후 10년 이내에 최고의 신기술 산업 분야의 하나로 발전할 것으로 예측되고 있다. 특히 이식형 인공장기 기술들 가운데 체내삽입형 전극을 이용하여 인체 신경신호를 전달하는 인공 팔다리 관련 기술은 BT-NT-IT를 연결하는 첨단 융합기술로 각국 정부와 기업들의 관심의 핵이 되고 있다.

고분자 소재 인공 손가락 시스템 나와

근전위신호를 이용하여 금속재 골격구조를 움직이게 되어 있는 인공 팔에 대한 연구는 제2차 대전 후 절단 장애인의 재활을 위하여 시작되었다고 볼 수 있으며, 현재 전세계적으로 많은 연구소와 기업에 의하여 기술 수준이 급격히 발전하고 있다. 상용화된 제품으로는 오토복사, 터치 바이오닉스 사 등 핸드 시스템이 있으며, 국내에서도 정부의 지원으로 2006년 재활공학연구소(KOREC)에서 상품화에 성공해 국내 장애인에게 공급되고 있다. 그러나 인간의 자연 상태의 손에 기능을 복원하기에는 아직도 요원한 3자유도 정도의 제품이 주종을 이루고 있어, 보다 세련된 동작이 가능한 시스템의 개발이 필요한 실정이다.

KOREC에서 개발한 인공 팔은 세계적 브랜드인 오토복 핸드와 마찬가지로 지능형 근전위 제어 인공 팔 시스템이다. 손목 굽힘근과 손목 펴기 외부 피부에 표면전극을 부착하여 각 근육에 대한 근전 신호로 손과 팔의 기능을 제어하게 되어 있다. 보다 복잡한 기능이 가능한 고자유도 인공 손, 팔을 개발하기 위해서는 체내 삽입형 전극과 국동장치의 경량 소형화가 시급하다.

또한 KOREC에서는 기존의 소켓을 이용한 삽입형 인체-기계

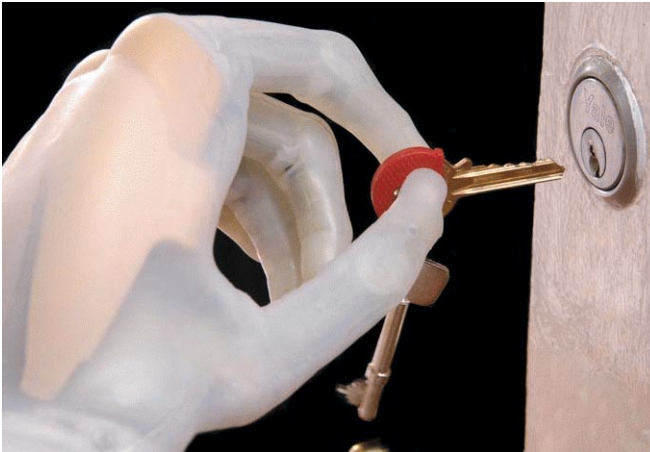


연결방식의 문제점을 해결하기 위하여, 새로운 수술적 접근법, 골융합 기술을 인공 팔다리의 연결에 적용하고 있으며, 수년간의 동물실험을 거쳐 현재 손가락용 임플란트를 환자에게 직접 수술하는 임상실험을 진행하고 있다. 이러한 임플란트를 통한 반영구적인 인공 팔다리 이식기술은 앞으로 국내 인공 팔다리 기술의 진보에 크게 기여할 것으로 기대된다.

터치 바이오닉스사는 최근 i-Lim이라는 고분자 소재의 인공 손가락 시스템을 출시하였다. i-Lim은 다섯 개의 손가락을 움직일 수 있는 인공 손으로서 정교하게 쥐는 기능이 가능하여 열쇠와 같은 얇은 물체도 잡을 수 있는 특징을 보완하였다. 그러나 이 장치 역시 구동방식은 기존의 제품처럼 표면 전극형 근전위 제어로 이루어지므로 개개 손가락이 움직이는 높은 자유도를 구현하지 못하고 있다. 현재의 i-Lim은 물건을 잡는 힘이 상대적으로 기존 제품에 비해 매우 미약하지만 손과 유사한 형태로 제작되어 미용효과가 뛰



KOREC에서 임상실험중인 골융합 기반의 손가락 임플란트와 동물실험

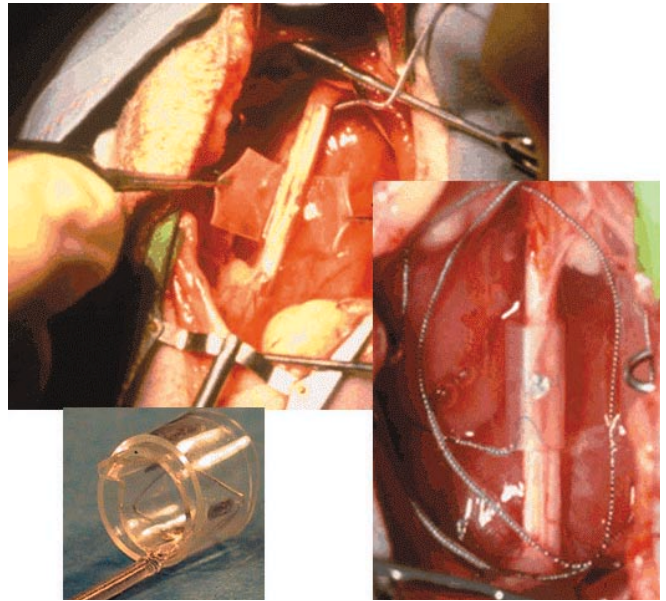


Touch Bionics사의 i-Lim

어난 장점이 있으며, 보다 자연스런 손가락 움직임을 제공해 주고 있다.

미국의 국립보건원과 국방부 첨단연구기획청에서는 보다 정교한 신경신호제어가 가능한 인공 팔다리 연구개발에 막대한 연구비를 지원하고 있다. 현재의 바이오닉 기술의 발전 가능성을 보여주고 있는 제시 셸리번의 인공 팔도 이러한 노력의 결과다. 셸리번의 인공 팔은 팔을 움직이는 신경을 가슴 피부의 표면에 가깝게 이식하고 두뇌의 신호를 수신하여 발생하는 근육활동을 가슴 근육에 부착된 근전위 센서로 획득하여 제어할 수 있도록 되어 있다. 이 시스템에서도 신경으로부터 제어신호를 획득하지만 신경으로 신호를 전달하는 피드백 기능은 구현되지 않고 있다. 연구를 주관하고 있는 시카고재활연구소의 토드 쿠키켄 박사는 22개의 움직임이 가능한 실제 인간의 팔에 더욱 접근하기 위한 생체 공학적 팔로 개선하기 위한 연구를 진행 중이다.

이식형 신경전극은 기존의 근전위 신호보다 정교하게 기계와 인간을 연결하는 수단으로 연구되고 있다. 피부에서 획득되는 근전도 신호는 신경의 자극에 의한 근육의 수축으로 발생하는 전기신호를 획득하는 방식으로 정확한 신경신호를 얻기 어렵다. 따라서 정교한 인공 팔다리의 구동을 위해서는 신경으로부터 직접 신호를 획득해야 하고, 이를 위해 이식형 신경전극이 연구 개발되고 있다. 이식형 신경전극은 심장 박동기, 팔약근 자극기, 와우각 이식 등 여러 분야에서 연구 개발되고 있고 다양한 제품이 상품화되어 있다. 이식형



커브형 신경전극의 체내 이식

신경전극은 이식 후 10년 이상 정상적인 기능을 발휘할 수 있는 제품의 수명 연장을 위한 연구가 활발히 진행 중이다.

보행속도 조절 가능한 인공다리도 개발

인간의 신체에서 다리는 '이동'이라는 매우 중요한 역할을 담당한다. 다리를 이용하여 이동하는 것을 '보행'이라고 하며, 보행은 네 다리가 달린 호랑이나 사자, 몸체에 비해 다리가 짧은 도마뱀이나 악어, 그리고 무수히 많은 다리를 가진 지네와 같이, 다리와 몸체의 연결구조나 형태에 따라 매우 다양한 형태로 나타난다. 특히 두 개의 다리에 의한 보행은 특히 기술적인 어려움이 있을 수밖에 없으며, 자연스러운 보행패턴을 재생하는 것은 많은 인체공학적인 기술연구를 필요로 한다.

인공 다리는 다리가 절단된 장애인을 절단 이전의 상태로 보행패턴을 복원시키는 목적에서 출발되었으며, 이 기술 분야의 긴 역사와 더불어 현재도 국내외 많은 대학 등 연구기관에서 다양한 연구가 진행되고 있다. 연구 분야는 크게 보행패턴에 대한 동작분석과 실질적 보행 구현을 위한 인공 발 시스템의 개발로 나눌 수 있다. 특히 보행분석 등 동작분석에 대한 측정기술은 이러한 의학적 목적 이외에 최근 공상과학 영화의 애니메이션, 사이버 스포츠 및 레크리에이션 기기 분야 등 다양한 응용 부분의 출현으로 최근 놀라운 기술 개발이 이루어지고 있다.

인공 발, 다리 등 보행 대체장치의 기술 개발은 2차 대전 이후부



(a)



(b)



(c)



(d)

최근 개발된 인공지능 다리 (a) KOREC / (b) Ossur사 / (c) Otto Bock사 / (d) 골융합 임플란트 (Sahlgrenska University Hospital)

터 본격적으로 상업화가 이루어졌다고 볼 수 있으며, 독일 오토복사, 미국 호스머사, 아일랜드 오서사 등이 세계적 선도 브랜드의 위치를 점하고 있다. 최근 오서사는 2007년 난간 없는 계단이나 오르막을 오르내릴 수 있는 '파워 니'라는 인공 다리를 개발하여 세계적인 주목을 받고 있다.

또한 보다 자연스런 보행, 즉 자전거 타기 등 간단히 운동이 가능한 인공다리 시스템이 1995년 영국의 블랙포드사에서 개발, 시판되기 시작했으며, 이와 유사한 기능의 지능형 인공 다리 시스템이 1997년 우리 나라의 KOREC에서 개발되고, 이후 독일 오토복사, 일본의 나보코사 등에서도 개발되어 상용화되었다.

최근의 인공다리 시스템의 경향은 지능형제어기술의 확대 적용으로 보행속도를 판별 및 예측하여 보행속도를 자유자재로 조절할 수 있는 기능으로 복합화하고 있으며, 첨단 소재를 이용하여 착용자가 보행시 충격을 느끼지 못하도록 하면서 쉽게 피로하지 않는 고효율 첨단 소재의 인공발이 개발되고 있다. 또한 초고속 마이크로프로세서와 메커니즘의 초경량화 최적화를 통해 다양한 환경과 인종 및 체형에 적합한 시스템이 제공되고 있으며, 장기간 사용시 피부트러블을 유발시키는 소켓형 인터페이스에서 직접적 균형감을 전달할 수 있는 골지각형 골융합 임플란트로 대체되고 있다.

멀지않은 미래에 바이오닉맨 탄생 기대

지금까지 살펴본 인공 팔다리 관련 기술의 연구개발 동향에서

볼 때, 멀지않은 미래에 바이오닉맨이 탄생할 수 있는 충분한 가능성을 보여주고 있다고 생각된다. 정교한 동작이 가능한 인공 팔다리, 정확한 뇌신호를 획득하기 위한 이식형 전극, 반연구적인 골융합 임플란트 등의 연구를 통해 생체공학 팔다리 기술은 급속히 진화하고 있다.

그러나 진정한 의미의 생체공학 기술, 즉 인간과 기계의 일체화 기술이 가능하기 위해서는 넘어야 할 산이 많다. 인공적인 팔과 다리와 우리 인간의 뇌신경 회로를 연결하는 폐회로시스템 구성, 초경량, 초고강도의 소형 기계장치의 제조 등 완전하고 안전한 결합은 앞으로도 많은 연구가 필요할 것이다.

현재 우리 나라의 급속한 사회 고령화에 따른 노인 인구의 증가 현상이나 생활수준의 향상에 따른 복지사회에 대한 인식 확산, 삶의 질 개선이라는 국민적 욕망 등은 재활공학기술이라는 기술 융합적 응용기술 분야에 대한 국가적 연구개발 투자 확대의 필요성, 중요성을 다시 한번 인식시켜 주고 있다. ④



글쓴이는 서울공대 기계설계학과를 졸업하고, 동대학에서 석사학위를 받았다. 미네소타 대학교에서 의공학 박사학위 취득, 현재 경희대 정형외과 교수로 재직중이다.