

미래 기술로서의 재활공학

이 글에서는 재활공학의 개념을 간략히 설명하고, 국내외 재활 관련 연구투자 현황과 재활공학 기술의 핵심성 그리고 생체조직 직접연결형 의지 및 임플란트, 생체모방형 인공근육, 생체신호 제어형 의지 및 운동보조기, 지능형 이동지원 시스템 등 재활공학의 미래기술에 대해 소개한다.

홍정화, 류제청, 문무성

재활공학(rehabilitation engineering)은 생체공학에 포함되는 기술 중 하나로서 임상 의학이 연계된 공학적 방법으로 손상 및 상실된 인체 기능을 원래의 상태에 가깝도록 직·간접적 방법으로 복원시키거나 보조할 수 있는 기술을 말한다. 구체적으로는 인간이 경험할 수 있는 사고 및 선천성 신체의 손상이나 마비, 인체 노화현상에 의한 근골격계 퇴화에 대한 생체 기능의 대체 및 복구, 재활훈련, 이동 및 이송 보조기구를 개발하기 위한 기술을 포함하며, 인체운동기능과 생리적 신경 명령계통의 정형·신경 외과 및 재활의학 관련 지식에 대한 이해가 요구되는 새로운 개념의 신기술이라 정의될 수 있다.

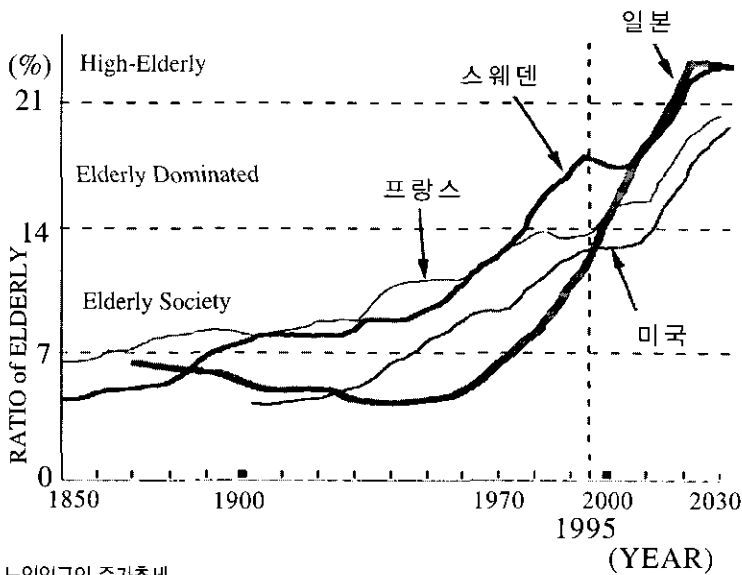
재활공학은 약 십 년 전부터 비약적인 발전을 시작했으며, 기존의 원시적인 보조기구(목발, 재

래식 의지, 휠체어)를 대체하고 발전시키는 새로운 개념의 연구 개발이 진행되고 있다. 특히 전 세계적인 복지사회 경향과 의학의 비약적인 발전은 인간의 평균 수명을 연장을 가져왔으며, 최근의 생명공학(BT : Biotechnology)의 태동과 발전은 결국 선천적인 장애를 줄이고 인간 수명의 급격한 증가를 초래할 것이라는 전망이다. 그러나 복지사회와 산업화사회는 기본적으로 동시에 진행된다는 점에 있어서, 이러한 사회적, 기술적, 의학적 환경의 변화는 산업재해나 다양한 사고에 의한 후천적 장애율을 현저히 높일 것이며, 65 세 이상 고령인구 노화에 의한 장애는 사회에 심각한 영향을 줄 전망이다. 따라서 이들 65 세 미만의 장애인구와 65 세 이상의 고령인구에 대한 재활공학 적용은 이들의 노동력

복원, 독립생활 보장 등의 사회적 측면뿐만 아니라 재활공학 관련 첨단 산업의 발전에 의한 경제적 측면에 대한 중요성을 갖는다 하겠다.

고도로 산업화되고 고령화 사회로 진입한 미국의 경우, 2000년 현재 65 세 이상 고령인구의 비율은 전 인구의 22%에 달하며, 이는 3,300만 명의 인구에 해당된다. 장애율 역시 65 세 이하 청장년층의 장애율도 20%에 달하며, 이는 3,000만 명의 인구에 해당되며, 65 세의 고령자의 장애율은 급격히 증가하는 것으로 보고되었다. 미국 Bureau of the Census의 보고서에 의하면 이미 1992년에 4,900만 명에 달하는 인구가 장애인으로 분류되었으며, 산업이 고도화된 일본과 유럽의 경우 역시 고령화사회(65 세 이상의 노인 인구가 전 인구의

- 홍정화 / 재활공학연구센터, 책임연구원
- 류제청 / 재활공학연구센터, 책임연구원
- 문무성 / 재활공학연구센터, 소장 / e-mail : msmun@korec.re.kr



노인인구의 증가추세

14%)로 진입하여 미국과 비슷한 상황에 있는 것으로 알려져 있다. 특히 2000년 고령화 사회(65세 이상의 노인 인구가 전 인구의 7%)로 진입된 국내 노인 인구의 증가와 산업화에 의한 장애인구(현재 국내 지체 장애인 수는 100만 명, 노인인구는 300만 명) 증가는 점차 사회적 문제가 되고 있으며, 우리나라가 고령사회로 진입하는 2007년 이후에 우리나라가 절실히 요구하는 신기술 분야로서 재활공학은 중요한 의의를 갖는다고 하겠다. 현재 미국, 일본, 유럽에서 노인과 장애인 관련 재활공학 선업은 복지 사회화에 의한 복지관련 예산 증가와 더불어 노인 인구가 보유하고 있는 경제적 능력의 급속한 증가와 함께 유망한 신산업으로 부상하였으며, 국책연구사업과 기업별 연구개발에 대한 투자가 기하급수적으로 증가하고 있는 추세이다.

국내외 재활공학 관련 연구투자 현황

미국의 경우 1970년부터 재활공학에 대한 투자를 장애인 복지 및 노인 건강증진 측면에서 지원해 왔으며, 1980년부터는 고령화 사회에 직면한 국가적 위기의식으로 노인과 장애인의 골근육계 재활 측면에서 지원하고 있다. 특히 미국은 전체 인구의 35% 정도가 다양한 장애를 가진 인구로 분류되고 있는 만큼 기술 개발에 적극적인데, 미국 국립보건원 산하 장애인 관련 연구단체인 NICHD(NCMRR)에 1999년 한 해 동안 지원된 재활 관련 연구 투자는 752,179,000 달러에 달하며, 2000년 859,258,000 달러, 2001년에는 904,705,000 달러가 지원될 것으로 예상하고 있다. 또한 재활 프로그램을 담당하고 있는 미국 NIDRR에 의해서 현재와 미래의 미국 재활 프로그

램의 활성화 계획에 의해 재활공학에 대한 심층적 보완 작업이 진행 지원되고 있으며, 미국 보훈병원에 의한 재활공학에 대한 지원도 증가하고 있다. 민간 기업에 의한 연구개발은 노인 인구라는 광대한 시장성과 장애인에 대한 법 제정 이후 주로 중소기업형 기업에 의하여 첨단 기술성의 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 일본의 경우 고령화사회 대비 노인 인구의 ADL(Active Daily Life)과 직업의 계속 측면의 활발한 연구가 진행되고 있고, 1996년부터 통산성(45 과제), 문부성(261 건) 등, 중장기 국가 정책적 계획에 의하여 기술개발 분야 투자가 이루어지고 있으며, 독일의 경우 재활공학의 선진국을 고수하기 위하여 1990년부터 첨단 재활공학에 대한 기술 개발에 집중 투자하고 있는 현실이다.

우리나라의 경우 재활공학은 '90년대 중반부터 분야 기술이 국내에 소개되었고 임상 의학과 공학이 통합되는 기술의 복합성으로 선진국에 비하여 역사가 비교적 짧다. 그러나 1995~2002년 국가 투자에 의한 G-7 의료공학연구에 재활공학 분야가 활발히 수행되고 있고, 재활공학관련 연구소-대학-기업간 연구 환경 조성에 대한 기반을 마련하는 등 국내 재활공학 연구개발의 기반 구축을 하였으며, 향후 10년 간 보건복지부, 산업자원부, 과학기술부 등 정부부처 연구개발 사업에 의한 대규모의 투자가 계획되어 있다. 따라서 앞으로 다가올 고령인구와 장애인수가 급격히

증가될 미래 국내 사회의 복지화
를 위한 정부주도에 의한 재활공
학 연구개발 투자는 꾸준히 증가
될 것으로 예상된다.

재활공학기술의 핵심성

재활공학기술은 인간과 기계가
상호 인터페이스되는 기술로서
나노 테크놀로지 등 초정밀을 요
하는 가공, 제어 기술과, 인체의
생물학적 기능을 대체할 수 있는
초정밀 기계전자(메카트로닉스)
제어, 임상의학적 안정성이 보장
되어야 하는 측면과 소재의 순도
관리와 생체안정성 등 다양한 첨
단 공학기술 연관되어 있다.

재활공학기술은 각 분야에서
기 개발 상용화된 재래식 기초 기
술들을 생체에 최적의 조건으로
도약 발전시킬 수 있다는 점과 생
체에 관련된 핵심 기술을 궁극적

으로 통합하고 인체와 완벽한 호
환을 갖추게 하는 최첨단 기술을
창출하고 부가적으로 상업적 부
가가치가 극대화되는 차세대형
응용 기술을 파생시킬 수 있다는
점에서 21세기 현재 우리나라가
보유하고 있는 임상학과 기계,
전자, 재료공학·생산제조기술을
100%로 활용할 수 있다는 점과
미래형 기술로서 연구개발 중에
있는 BT, IT 기술을 실질적으로
응용할 수 있다는 점에서 장점을
갖고 있다. 재활공학 핵심기술에
포함되는 생체역학, 생체 in vivo
및 바이오 센서, 인공신경신호처
리, 생체나노테크놀로지, 생체 적
합 초소형 구동장치 및 동력원,
생체재료·가공기술, 신지식 임
상의학 및 3차원 생체공학 해
석·설계 및 정밀제어 기술은 국
내 산업 발전을 위하여 뛰어난 상
업적 특성을 갖고 있을 뿐만 아니

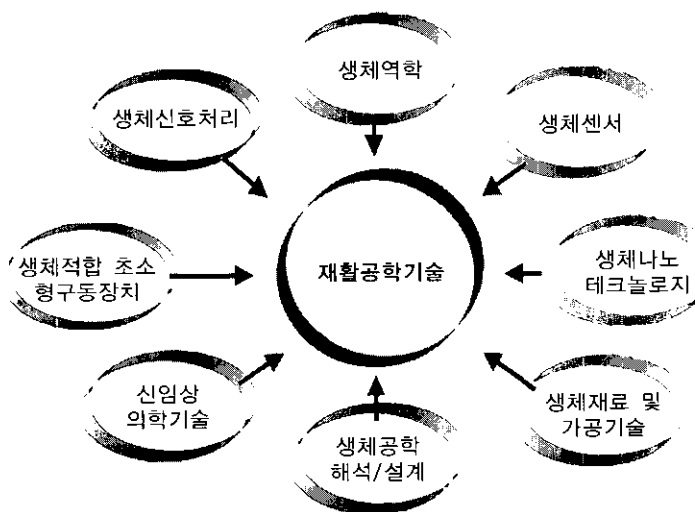
라 매우 포괄적이며, 미래지향적
성격을 갖고 있으며, 국내 취약한
기술적 기반을 극복하고 복지사
회를 건설할 수 있는 의학-공학
간 통합적인 핵심적 기술임과 동
시에 국가적으로 이미 확보하고
있는 산업기반과 기술력을 통합
하여 신산업으로 발전시킬 수 있
는 새로운 기반산업 기술로 국가
가 전략적으로 투자 및 육성시켜
야 할 기반기술이다.

재활공학의 미래기술

2001년 현재 미국, 유럽, 일본
과 같은 복지 선진국에서 수행되
고 있는 재활공학 연구에 대한 내
용은 그 종류가 실로 다양하다.
여기서는 우리나라가 선진국의
기술에 의해 점유가 되면 과학기
술적, 경제적 영향이 지대하여 시
급하게 연구하여야 하며, 장기적
으로 투자하여야 할 재활공학과
연 기초과학 기술을 중점으로 설
명하겠다.

생체조직 직접연결형 의지 및 임플란트

초기의 골융합 또는 골유착
(osseointegration)은 타이타늄
임플란트를 이용한 치과보철물
을 골 조직 내에 직접 고정시킬
수 있는 가능성과 개념에서 출
발되었다. 이러한 인공 보철물의
생체조직내의 임플란트 최초 시
도는 이미 45 년의 역사를 갖고
있으며, 치과용 보철의 목적 이
외에도 정형외과의 관절 전치환
술(total joint replacement) 등
으로 발전하면서 인간을 대상으



로 한 임상적 적용 역사도 30년을 넘어 서고 있다. 골유착을 처음 치과용 임플란트에 응용한 스웨덴의 Branemark 교수는 “골유착은 정돈된 살아 있는 골 조직과 하중을 받고 있는 임플란트 표면간의 직접적인 구조적 및 기능적인 연결”이라고 정의하고 있으며, 고정체(implant)가 정상 골 내에서 기능력을 부담할 능력이 있다면, 적절한 하중으로 골 조직이 알맞게 재형성되는 과정을 거쳐 임플란트의 안정이 확실하게 이루어지는 것을 전제하고 있다. 보다 안정된, 그리고 이상적인 인공 재료와 생체조직간의 하중 전달 기구를 형성하기 위하여, 현재에도 수술 후 주변 손상된 조직의 치유-재형성(healing - reforming) 과정에 대한 많은 연구가 수행되고 있다.

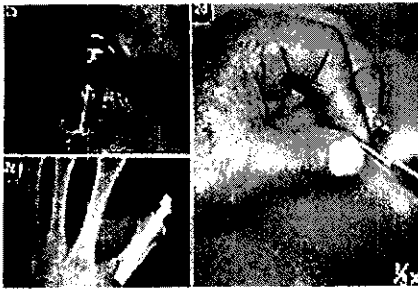
안정된 골유착 기술은 인공재료인 타이타늄과 그 표면에 생체분자가 결합하는 데 관여되는 것으로 보고되고 있다. 경계면 조직(interface tissue)의 생성 및 골재생 재생성 과정에 대한 이론이 사실 아직도 일반화되고 통합되지 않았으나, 이러한 생체-인공재료의 결합 특성은 인공적 재료에 대한 생물학적 생체조직의 반응과 생체적합성, 그리고 계면의 미세운동 등 실제 생리적 조건에서 발생할 수 있는 다양한 외부 자극에 의한 생체역학적, 생체전기적 변화에 따른 것으로 인식되고 있다. 다른 분야에서는 골 유착성 보철 치료방식으로 난청 문제도 개선하고 있다. 때로는 정상 생물

학적 조건으로는 결손 조직의 형태를 수복할 수 없는 안면 보철의 경우에 있어서도 기계적으로 안정된 보철물을 통해 만족할 만한 수복을 이루고 있다. 외과적 방법과 고정체의 설계는 골수와 골 조직간의 조직 구조적 기능을 유지하는 데 대한 중요한 요인으로 알려져 있다. 치과분야에서는 특히 골융합 임플란트 악골 고정위치를 시행하여 10년 성공률 상악 95%, 하악 99%의 성적을 나타내고 있다. 2000년까지 시술된 숫자는 알 수 없으나, '95년까지의 데이터에 2배를 넘을 것으로 추정된다. 그 추정의 근거는 각종 구 보고서를 통하면 가능하다. 1969년에 전부무 치악환자 수복예가 발표된 이후, 지난 35년간 2000편의 Branemark 임플란트 임상치료 보고서가 발표된 것으로 기록되어 있다. 치과분야의 임플란트 기술에 대한 금기는 거의 없다. 그간 Branemark 임플란트가 출현한 이래로 수많은 관련 특수 술식이 개발되어 왔다.

구강내 조직 재건에 임상적 술식이 발전함에 따라 두개안면부위 보철수복 이외에도 골전도성 원리에 의한 보청기를 고정하는 데에도 사용되었다. 특별히 이 원리는 1990년 나이 어린 피아니스트가 귀가 먹었다가 다시 골융합형 보청기인 BAHAR로 소리를 듣게 된 후 피아노를 연주하여 만인의 감동을 일으킨 에피소드로도 유명하다. 이러한 원리를 상당히 큰 악안면 조직결손에 사용할 수 있었으며, 현재까지 1,500명의 두개악안면 보철, 3,000명의 청

각문제 환자를 치료한 실적이 있다. 두개안면 골 유착성 보철치료에 대한 성공률은 95% 정도에 이른다.

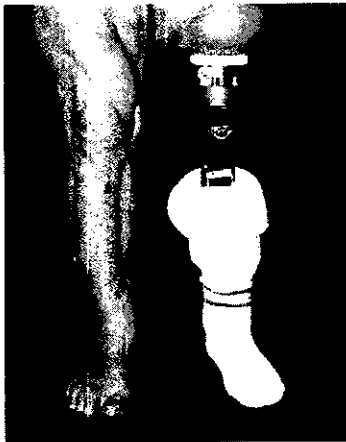
의수·족을 골융합(osseointegration)을 이용하여 연결하는 방법은 역시 스웨덴의 Branemark 박사에 의하여 '90년대 후반에 시작되었으나, 골융합 외과 수술법 구현에 집중되어 왔다. 기존 연구의 주된 목적은 의수, 의족과 인체 절단 단단부(stump)로 연결되는, 즉 인체-기계의 인터페이스는 연부조직을 감싸는 체외 착용형 소켓식 연결구조로 되어 있어, 동작 중의 체중부하의 주요 담당기관인 골조직 대신에 피부, 근육 등 연부조직에 의하여 하중이 전달되는 방식으로 피부질환, 통증 등 근본적 문제의 해결책이 제시되지 못하고 있는 실정에서 비롯되었다. 그러나 다리나 팔 절단 환자의 경우 골융합에 의한 MMI(Man - Machine Interface) 구현은 가장 큰 장점은 감각정보가 그대로 환자의 대뇌에 전달될 수 있다는 사실 때문에 정상인에 거의 가까운 기능을 수행할 수 있다는 것이다. 즉, 기계적인 단순한 기능뿐만 아니라 감각 기능을 수행할 수 있다는 사실이다. 이것은 조직 사이의 계면을 통해 신경을 통한 전달에 부수적으로 신호를 주고 받을 수 있는 골감각인지(osseoperception) 기능에 의한 것이며, 의수와 의족을 이용해 운동시 정상인에 근접하는 동작감과 접촉감을 느낄 수 있다는 점이다. 이와 함께 하지와 상지를 동작할 때 공간에 대한



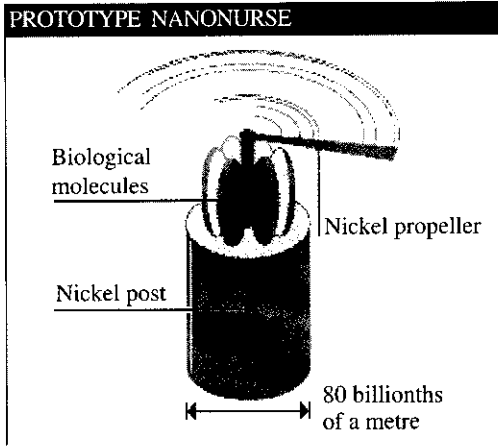
손가락에 대한 골융합 임플란트



골융합에 의한 의수 연결



골융합에 의한 의족 연결



극미소 간호원

인식을 할 수 있게 하는 자기수용성고유감각(proprioception) 기능을 복구할 수 있다는 점에서 의수와 의족의 동작에 대한 인체 운동학적 제어에 대한 이점도 있다. 골융합 생체조직 직접연결은 '600만분의 사나이'와 같은 미래의 바이오닉맨 구현을 위한 필수적인 연구 분야이다.

현재 골융합이 치과 분야의 인공치아 연구와 적용에는 성공하였으나, 인공치아는 비교적 적용하중의 크기가 적고, 또한 임상적으로 감염에 의한 골괴사(osteonecrosis)의 위험이 적어 적용에 큰 어려움이 없었지만, 이 기술을 상지와 하지의지를 위한 MMI로서 사용하기 위해서는 많

은 연구가 필요하다. 특히 하지 절단환자들은 보행시 체중에 의한 하중과 계속되는 움직임으로 그 동안 골융합 수복법(osseointegration)이 다른 어느 신체조직보다 적용하기가 어려울 것으로 예상되며, 현재 Branemark, Rydevik 등에 의하여 40명 이상의 하지 절단자를 시술하여 성공적인 결과를 보여 주고 있다고 보고하고 있으나, 이는 임상적인 결과에 불과한 형편이다. 의지용 골융합 MMI의 진정한 구현을 위하여 선행되어야 할 연구로서는 골융합 인터페이스 임플란트의 개발이며, 생체적합성의 초경량, 고강도의 재료로서 동적 충격성 하중을 흡수하며, 인터페이스되

는 뼈에 대한 퇴화를 극소화시키고 생체역학적 특성이 우수해지는 골재 형성을 활성화할 수 있어야 한다. 또한 골융합 인터페이스 임플란트는 생체 연조직을 외부에 노출시켜야 하므로 노출부분을 최소화하는 설계기법을 개발해야 하며, 노출부분을 외부와 차단할 수 있게 하는 인공 피부 등의 개발도 요구된다.

이와 함께 현재 개발 중인 모든 인공장기(인공체장, 인공후두 등)는 인체 내부에서 적절한 고정성이 요구되며, 궁극적으로는 인체 내부의 연골 및 경골조직에 융합되어야 안정성이 확보될 수 있

다. 예를 들어 인체의 성대 마비시 호흡을 도와주는 후두폐이식 시스템의 경우 시스템이 후두부근의 연골에 고정되어야 하는데 이를 위하여 임플란트의 생체역학적 목적에 알맞은 연골융합에 대한 기술개발이 필요하다. 여기서 알 수 있듯이 골융합 임플란트 연구는 인체에 대한 의지, 인공장기의 기술개발이 발전될 때 모든 분야에 대해 필수적인 연구가 될 것이다. 현재 세계적으로 복지 선진국인 유럽의 경우 임상적으로 기술개발 수준은 고급이나 기계공학적인 측면에서는 극히 초보적인 수준으로서 우리나라가 기술개발에 착수한다면 세계에서 기술 선점 국가가 될 가능성이 많

은 유망한 분야라고 할 수 있다.

생체모방형 인공근육

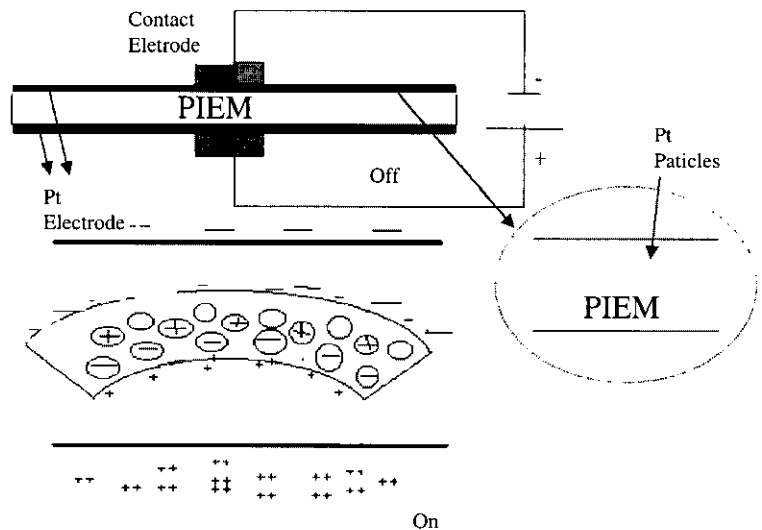
장애인과 노인을 위한 기존의 동력의지(powerd prosthesis)와 외골격형 운동기능 보조기(exoskeletal assistive orthosis)의 가장 큰 문제점으로 지적되는 것은 생체역학적인 구동 장치가 없다는 점이다. 예를 들어 사용 상지절단 장애인에 대한 동력의지의 정기적인 착용률은 아주 미미한 것으로 보고되는 바, 이는 전자의수의 고중량에 기인한다. 현재 전자의수를 구동하기 위해서는 여러 개의 전기모터, 구동기어, 배터리로 인해 의수의 중량이 장애인들이 사용하여 작업을 하기에는 매우 높으며, 이로 인한 절단장애인의 단단부 골격에 골퇴화(bone atrophy), 골관절염(osteoarthritis), 골다공증(osteoporosis)과 같은 병리현상 발생률이 극히 높다는 점이다. 마비장애인과 노인의 동력형 보행 보조기(powerd gait orthosis) 개발에 있어서도 역시 부딪치는 문제점도 생체역학적 적합성이 있는 경량형의 구동장치가 없다는 점이다. 또한 인체에 수술되어 삽입되는 인공장기에 대해서도 인체 내부의 환경(혈액, 체액 등)의 특수한 환경과 장기적인 호환성이 있는 구동장치가 필요하다. 예를 들어 인공심장의 구동장치 및 후두에 문제가 있어 인공적으로 호흡을 위하여 페이스를 해줄 때 필요한 구동장치 등이다. 이와 함께 현재 각광을

받고 있는 나노테크놀로지를 응용한 미세 진단 및 치료장치를 위한 구동장치 등(앞 페이지 그림 참조)이 요구된다. 여기서는 전술된 문제를 해결하기 위한 일련의 연구를 살펴보기로 한다.

현재 미국 국립보건원의 지원에 의해 아리조나 대학의 연구소에서 연구되고 있는 구동장치로서 폴리머-메탈 인공근육(IPMC : Ionic Polymer-Metal Composite Artificial Muscle)은 이온을 포함한 폴리머에 전위차를 주었을 때 이온에 움직임에 의해 폴리머가 변형하는 원리를 이용한 것이다. 현재 연구에 있어서는 테프론 계통의 폴리머(fluoropolymer)에 수소, 리튬, 나트륨 양이온을 화학적으로 결합시킨 형태인 PIEM(Perfluorinated Ion Exchange Membrane)로서 사용되며, 물의 분자가 함유되어 있다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이

보 형태의 폴리머의 표면은 전도체(그림에서는 백금)가 얇게 정착되어 있고, 여기에 전위차를 가하면 폴리머 내부의 음이온은 양극의 전하를 띤 보의 표면으로 이동하며, 이에 따라 폴리머 내부에 함유된 물분자는 음극의 전하를 띤 보의 표면근처로 확산 원리에 의해 이동하며, 따라서 보는 그림과 같이 변형하게 된다. 이에 대한 방정식은 기계-전기이론이 혼합된 형태의 확산방정식이며, 전기, 기계적 조건에 의해 보의 변형이 결정된다.

폴리머-메탈 인공근육에 대한 연구는 기계, 전자, 재료가 융합된 기술 연구가 될 것이며, 응용 분야는 재활공학, 생체역학 등에 있을 것이다. 폴리머-메탈 인공근육의 재활공학에 대한 연구는 현재 활발히 진행중이나, 특성상 인체 내부에 대한 응용성이 높은 것으로 생각된다. 현재 연구결과



IPMC의 작동 원리



폴리머-메탈 인공근육의 골격 구동 장치로서의 응용 예



인공심장의 구동장치로서의 폴리머-메탈 인공근육 적용 예

를 살펴 보면 선택된 중합체 재료와 박판 형태의 금속 복합재의 기계적 강성이 비교적 낮으므로 소형 체내 임플란트의 구동장치로서의 응용성이 높은 편이다. 미소공학적 측면으로 살펴보면 구동에 사용되는 전류와 전압이 극히 적으므로 체내에 삽입후 외부 전

원의 공급없이 생체 내부의 전기신호를 이용한 파라데이 법칙을 사용한 유도전류로서 구동되는 미소구동장치로서의 가능성도 높다고 하겠다. 또한 연구에 따라 높은 구동력이 있는 인공근육의 개발도 가능하리라 생각된다.

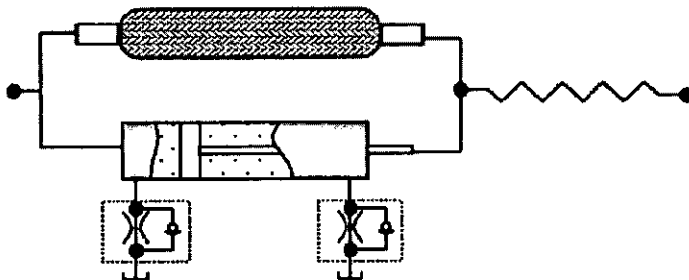
맥키번 공압구동장치(McKibben pneumatic actuator)를 이용한 인공근육에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 주로 미국 시애틀에 위치한 보훈병원 재활공학연구센터에서 하지의지와 보행보조장치의 구동장치로 응용하기 위한 연구가 이루어지고 있다.

맥키번 공압구동장치는 아래 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 공압에 의해 어느 일정 길이까지 수축하며, 하중을 지지할 수 있는 장치로서 인공근육은 맥키번 공압구동장치에 병렬로 연결시킨 오리피스가 조절가능한 공압 댐퍼로서 근육과 비슷한 기계적 거동을 할 수 있게 하는 것이다. 장점으로는 구동장치 자체로서는 초경량이라는 점

과 대기압의 5배 정도의 압력(5 Bar)으로 70 kg의 중량을 끌어올릴 수 있는 강력한 구동력이다. 따라서 경량과 높은 파워를 요구하는 장애인용 상지 및 하지 의지, 노인용 운동보조기의 구동장치로서의 응용성이 높다. 단점으로는 공압을 사용하므로 공압장치가 요구된다는 점이지만 여기에 대한 연구를 수행한다면 해결 가능한 문제라고 생각된다.

생체신호 제어형 의지 및 운동보조기(Biosignal Controlled Prosthesis and Assitive Orthosis)

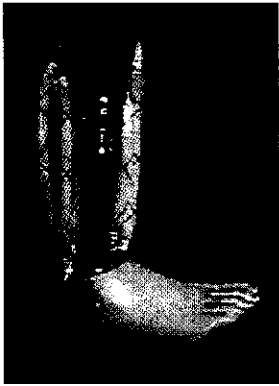
절단장애인을 위한 하지, 상지의지 및 노인·마비장애인을 위한 외골격형 상지, 하지 운동보조기와 같은 재활기기의 동작을 위한 생체모방형의 구동장치와 생체와 일체가 되는 MMI 기술의 개발과 함께 필수적으로 병행되어야 하는 연구는 생체신호에 의해 운동이 제어되는 의지 및 운동보조기의 개발이다. 생체신호를 이용한 재활기기의 제어는 장애인이나 노인의 실제 의사를 반영하기 때문에 생리 및 정신적으로 그들의 재활에 직접적인 도움을



맥키번 공압구동장치와 댐퍼를 이용한 인공근육 예

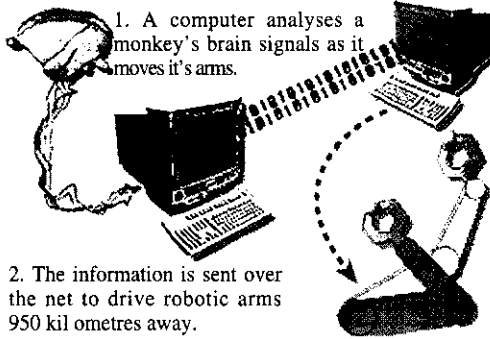


인공근육을 사용한 인체 모방형 상지 구동장치



인공근육을 이용한 하퇴의지

Monkey robot brain



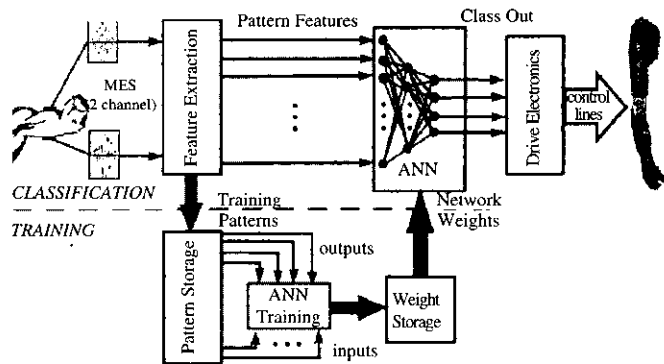
원숭이 BMI를 이용한 로봇암의 동작 제어

주는 장점을 지니고 있다. 현재 재활기기의 운동제어를 위해서는 근전위신호(MES : Myoelectric Signal)가 사용되고 있으며, 근래에는 재활공학에 뇌-기계 인터페이스(BMI : Brain-Machine Interface)에 의한 재활기기의 운동제어를 구현하려는 연구가 진행되고 있다(위그림 참조). 그러나 현실적으로 BMI의 전격적인 적용은 많은 연구가 필요하리라고 예상되며, 그 동안 의수족 운동제어에 사용되어 왔던 MES를 이용한 제어 방법에 대한 연구도 부족한 실정으로서 이에 대한 심층적인 제어방법의 연구도 필요하다 하겠다.

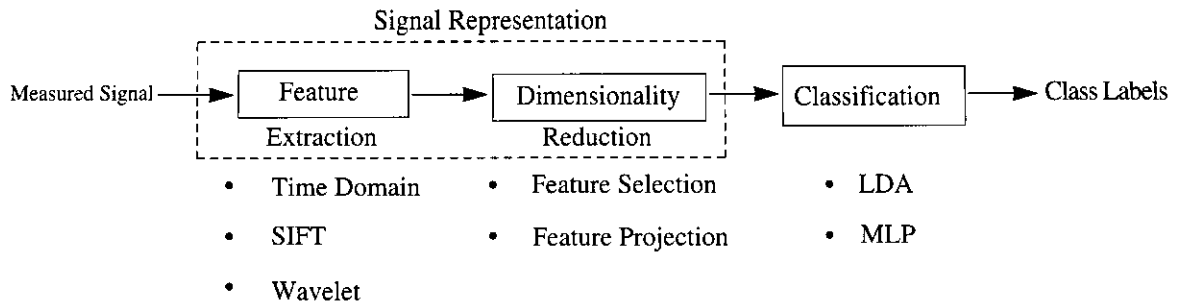
지금까지 MES의 가장 큰 응용 분야는 전자의수의 제어로서 연구의 현황을 살펴보면 다음과 같다. 미국에서 근전위에 의한 의수 제어는 'Control based myoelectrical statistical pattern recognition technique' 연구에 초기에 집중되었으며, 간단한 손운동에 대해서도 어깨로부터 손까지의 모든 근육의 MES의 어떠한 혼합된 결과로 나타난다고 가정하여 초기에 Temple 대학에서는

통계학적인 방법으로 MES의 패턴을 인식하여 손의 특정한 운동 경향을 박히려는 연구를 수행하였다. 미국의 UCLA와 스웨덴의 Goteborggeogr 대학에서도 통계학적인 MES 패턴 인식을 통한 손의 움직임을 제어하는 연구가 수행되었고 여섯 개의 EMG (Electromyography) 센서를 사용하여 3자유도의 손운동을 동시에 제어하였다. 그러나 개개인의 특성에 대한 패턴인식의 어려움으로 인해 가능성을 보였으나, 성공적이지 못한 것으로 평가되고 있다. 미국 MIT에서는 근골격계 동역학(musculo - skeletal dy-

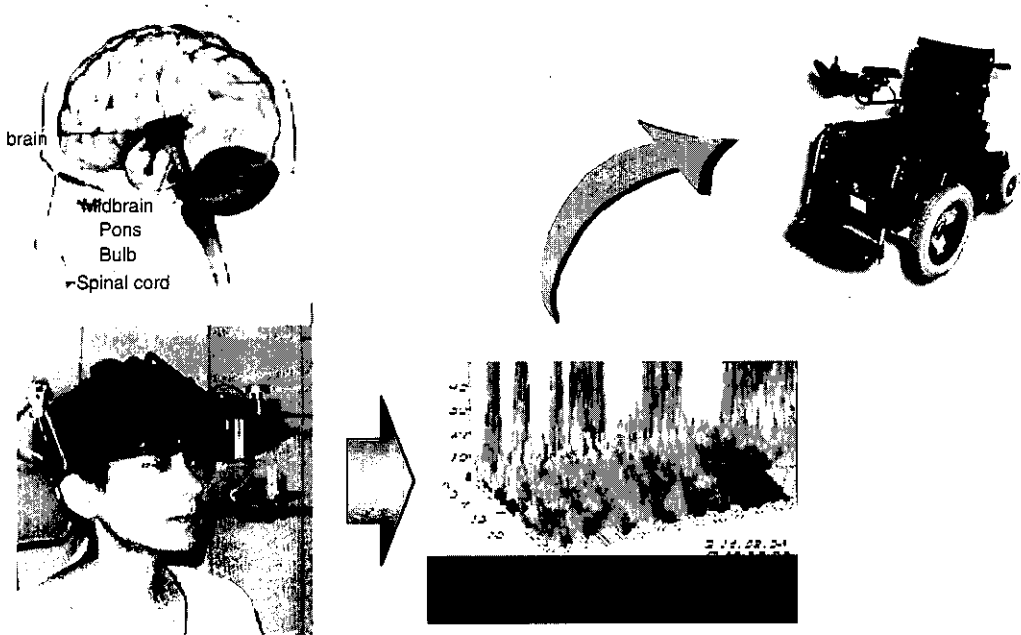
namics)을 이용하고, MES를 측정하여 Vectormyogram을 이용하여 의수의 운동을 제어하려는 연구를 수행하였으나, MES를 동역학 방정식에서 사용되는 동역학적인 인자로 변환의 난해성 해결이 아직 완전히 되지 않은 상태이다. 캐나다의 New Brunswick 대학에서는 이전의 모든 MES 관련 연구가 정적상태에서 근육의 길이가 변하지 않는 외력 적용상태에서의 신호(stationary - isometric signal)로 가정되어 연구된 것과는 다르게 근육이 수축할 바로 그 시점에서 MES를 측정하여 신경회로망에 의한 제어를 시도하였으며, 통계학적인 접근 방법을 동시에 적용하는 연구를 진행중이나 주로 Open - Loop의 제어 방식이 사용이 되었으며, 장애인 및 노인의 잔존 운동 기능과 재활기기의 공간 이동에 대한 제어가 조화되어 동시에 이루어지지 않은 점과 사용자 개개인의 장애 특성이 지능적으로 완전히 감안되지 않은 점



ANN(인공신경망)의 MES 패턴 인식과 학습에 의해 장애인 개개인의 특성을 감안할 수 있는 상지 의지의 개략도



생체신호의 패턴인식을 위한 연구되는 방법론(참고, MLP : Multilayer Perceptron, LDA : Linear Discriminant Analysis, STFT : Shorttime Fourier Transform)



뇌신호에 의해 제어되는 휠체어

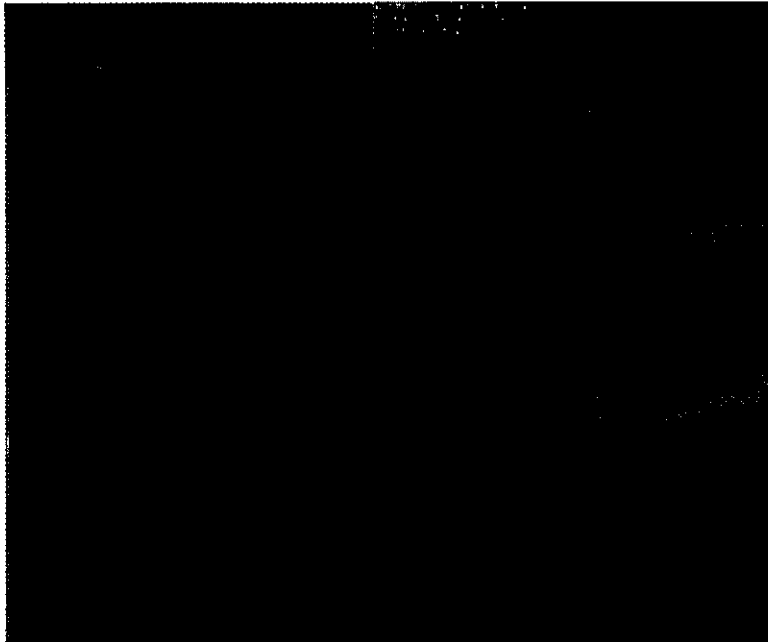
등이 해결되어야 할 과제이다.

지능형 이동지원 시스템

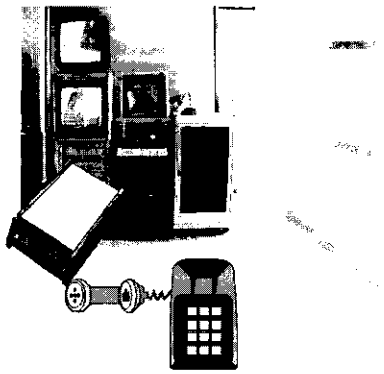
현재 휠체어는 사용자를 위해 보다 편리한 형태로 변화하고 있으나, 그 인터페이스는 아직 마우스, 터치패드 등과 같이 손에 의존해서 명령을 수행한다. 그러나 미래에는 손을 이용하기보다는 인간의 의지를 바로 휠체어에 전

달할 수 있도록 하는 연구가 진행되고 있다. 이러한 뇌-기계 인터페이스 기술을 BMI(Brain - Machine Interface)라고 하는데 인간 뇌파의 특징한 패턴을 명령어로 이용하여 실시간으로 컴퓨터를 통제하여 인간의 의지에 따라 기계를 제어하는 시스템이라고 정의할 수 있다. 원리는 뇌파(EEG : Electroencephalo-

graph)에서 인간의 사지 움직임과 관련된 특징을 추출하여 뇌파의 차이를 탐색하여 하지마비나 전신마비환자들에게 필수적인 이동장비인 휠체어 조종에 이용하는 것이다. 뇌신호에 의한 휠체어의 조종은 첫 번째는 손의 움직임에 의한 뇌파의 변화를 구별하여야 하며, 이를 사이버조종기(조이스틱, 마우스)에 연결하여 방

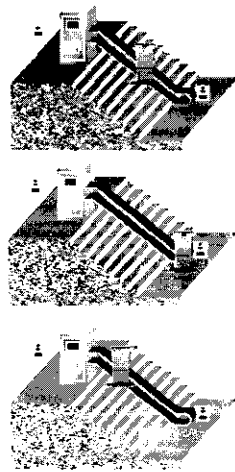


■ 왕복보행보조시스템(좌), 인공지능경망에 의해 제어되는 보행보조시스템(우)



■ 양방향 대화형 다중 휠체어리프트 관리시스템

향성과 속도의 가감을 조절할 수 있게 하는 기능이 필요하고, 안전성을 위하여 각종 센서(초음파, 광센서, 촉각센서 등)에 의한 위험감지 및 방지장치를 설치 작동하게 하는 것이다. 이러한 기술의 실현은 2010년 이후에나 가능할 것으로 전망된다.



마비환자들이 정상인처럼 보행을 한다는 것은 현재의 기술로는 불가능한 것일 수 있다. 미래에 이를 실현하는 가장 가까운 방법은 하이브리드 왕복보행보조시스템(HRGO : Hybrid Reciprocating Gait Orthosis)을 개발하는 것이다. HRGO는 신체의 잔

존근력과 자연스런 보행구현을 위한 슬관절 소형구동보조장치(power assisted actuator)가 동력을 제공하여 움직이는 장치이다. 센서로는 몸의 균형을 제어하는 초소형 유체 자이로스코프를 내장하고 있으며, EMG센서를 사용하여 생체신호를 측정·감지하여 실제 운동제어를 실현하게 된다. 또한 인공근육(artificial muscle)을 사용하여 고관절 왕복 보행 메카니즘을 유연하게 구사하며, 이를 위한 노즐의 제어는 초소형 DC 서보모터를 사용한다. 국내에서 HRGO에 관한 기초적인 연구는 2003년도에 마무리될 것으로 예상되며, 이후 본격적인 상용화 연구는 2007년경에 끝날 것으로 보인다.

기존의 휠체어 리프트는 운영 방식과 안전성에 있어서 많은 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위하여 가까운 시일 내에 인공지능원리를 이용한 휠체어 리프트 시스템이 선보일 예정이다. 이것은 영상과 음성 등의 매체를 이용하여 사용자와 관리자(중앙 운영관제 컴퓨터시스템)가 서로 대화를 주고받으며, 운영관제 컴퓨터 시스템은 사용자의 장애특성을 파악하여 안전 및 불편사항을 판단하고 스스로 서비스하는 획기적인 시스템이다. 이것은 제 3세대 시스템으로 지하철역과 같은 공공장소에서 계단보행이 어려운 노약자나 휠체어사용 장애자들이 누구의 도움 없이도 사회이동지원 시설을 이용하여 이동을 자유롭게 할 수 있기 때문이다.