

◆특집◆ 실버공학

노인 운동 증진·회복 기술

홍정화*

Physical Restoring and Recovering Technology for The Elderly

Jung Hwa Hong*

Key Words : Biomechatoronics (바이오메카트로닉스), Assistive devices for silver(실버용 보조기기), Gait and arm movement supporting devices for the elderly (노인용 보행 및 팔운동 보조기기), Recovering devices for musculoskeletal system for the elderly (노인용 근골격계 회복 시스템)

1. 서론

전 세계적인 복지사회 경향과 의학의 비약적인 발전은 인간의 평균 수명 연장을 가져왔으며, 최근의 생명공학(BT)의 태동과 발전은 결국 선천적인 장애를 줄이고 인간 수명의 급격한 증가를 초래할 것이라는 전망이다. 그러나 복지사회와 산업화 사회는 기본적으로 동시에 진행된다는 점에 있어서, 이러한 사회적, 기술적, 의학적 환경의 변화는 산업 재해나 다양한 사고에 의한 후천적 장애율을 현저히 높일 것이며 65세 이상 고령인구 노화에 의한 장애는 사회에 심각한 영향을 줄 전망이다. 따라서 이들 65세 미만의 장애인구와 65세 이상의 고령인구에 대한 실버공학(Silver Engineering) 기술 적용은 이들의 노동력 복원, 독립생활 보장 등의 사회적 측면뿐만 아니라 실버공학 관련 첨단 산업의 발전 및 광대한 시장성 등 경제적 측면에 대한 중요성을

갖는다 하겠으며 세계적으로 유래를 찾아볼 수 없는 급격한 고령인구의 증가를 보이고 있는 우리나라

실버공학기술의 주요한 부분을 차지하는 노인과의 현실에 있어서 큰 중요성을 갖는다고 하겠다. 운동 증진·회복 기술이란 노화로 인한 노인의 퇴행성·질환성 근골격계 회복 및 기능 증진을 위하여 노인을 위한 시설이나 가정에서 의사와 물리치료사의 처방과 도움 없이 노인 개개인의 활동기능을 분석하여 인공지능에 의하여 처방하고 근골격계 치료 및 증진을 가능하게 하며, 저하된 활동 능력을 노인에게 보조 혹은 대체 하는 장치를 사용하게 하여 최소한의 활동성을 부여함으로써 일상생활(Activity of Daily Life)을 영위하게 할 수 있게 하는 바이오메카트로닉스 기술로 정의될 수 있다. 이와 함께 노인 운동기능 증진·회복 기술은 미래기술로서 지식 기반형/국제경쟁력 확보형 산업기술이며, 첨단 융합기술(BRINT + CIT)로서 생체공학(BT), 로봇기술(RT), 원격정보시스템(IT), 극미소센서 및 마이크로시스템(NT), 첨단제어계측기술(CIT) 등의 기술이 융합된 첨단 기술성을 지니고 있다.

노인 운동기능 증진·회복 기술은 21세기 사회·경제적 또한 복지 측면에서 주요계층인 노인 인구의 운동기능을 증진·회복시킴으로서, 이들의 독립적인

* 고려대 제어계측공학과

Tel. 041-860-1446, Fax. 041-865-1820

Email hongjh32@korea.ac.kr

바이오메카트로닉스를 응용한 생체제어 재활기술, 운동기능보조 및 대체기술, 운동기능 증진기술과 같은 생체공학 분야 연구개발에 관심을 두고 활동을 하고 있다.

일상생활권 확보를 통하여 증가 추세에 있을 노인 에 대한 국가적 비용을 감소시키며, 삶의 질을 개선하기 위한 공학기술이다. 복지 선진국인 미국, 일본, 독일, 프랑스, 아이슬랜드 등에서 이미 지방적인 특색이 감안된 중요한 고부가가치 기술집약형 산업기술로 자리 잡고 있으며, 특히 SME(small and medium enterprise)형 기술로서의 노인 운동기능 증진·회복 시스템 기술 산업은 국가 및 지방정부 차원의 지원과 지방- 대학, 중소기업, 지방정부 간의 유기적인 관계를 통하여 지속적인 성장을 하고 있다.

전 세계적으로 일반적인 산업화에 따라 노인 인구의 증가는 사회 및 경제적으로 세계 각국의 큰 이슈가 되고 있으며, 우리나라 노인 인구 현황도 2000년 기준으로 전 국민의 7.2%(약 350만명)을 상회하는 점유율을 보이고 있으며 이미 고령화 사회 진입하였다. 또한 2019년에 노인인구 비율이 전체인구 14% 이상 되는 고령사회에 진입 할 것으로 전망되며, 실버 계층 부양으로 인한 국가 부담 급격 증대 예상된다. 우리나라는 세계에서 가장 빨리 ‘고령화 사회’에서 약 19년 정도란 기간 내에 ‘고령 사회’로 이행할 것으로 전망되며, 이는 미국 71년, 영국 47년, 일본 24년이 소요된 것을 감안 할 때 유행이 없는 것이라 하겠다⁽¹⁾.

이러한 우리나라의 고령화 고령사회 진입 및 기존 가족제도의 붕괴로 인한 노인 단독세대 급속한 증가(2000년 노인 단독가구는 전체가구의 36%)는 실버계층의 사회/경제 활동 증가시킬 것이며, 동시에 부양이 필요한 노인 인구 급속 증가 될 것이다. 노인 인구 증가 및 사회-경제 활동참여는 노화 및 질병에 의해 일상생활에 필수적인 이동에 관련된 인체 근골격계 기능을 증진 시켜주는 노인 운동기능 증진 기술 산업에 대한 거대한 국내시장 형성 예상된다. 본 논문에서는 실버공학에서 노인에게 직접적인 활동성을 부여하고 운동기능의 회복에 도움을 주며, 따라서 인체에서 대한 친화성이 가장 강조되고 첨단적 기술과 인체 기능과의 조화가 중요한 노인 운동기능 증진·회복 기술에 대한 심층적인 기술 및 경제적 분석을 소개하고자 한다.

2. 노화에 의한 노인의 운동기능 변화

노화란 생식기 또는 성숙기 이후에 일어나는 개체의 전반적인 변화이다. 일반적 노화란 발육이 완

성된 성숙기 이후 가령(加齡)에 따른 기능의 감퇴 현상으로, 노인이란 노화 과정으로 생리적, 심리적, 정서적, 행동적 측면의 능력이 감퇴시기에 있는 남, 녀를 말한다. 노인 인구의 증가는 우리나라만의 현상이 아니며 세계적인 현상으로써 노화에 따른 다양한 신체적 변화는 사회적 관심의 대상이 되고 있으며, 노화에 따른 움직임과 기능의 중요성이 증가 되고 있다. 최근에는 생체역학적 측면에서 노화와 관련되어 나타나는 여러 가지 문제점들이 연구되고 많은 정보가 제공되고 있으며, 노인들이 젊은 대상자와 비교한 연구가 시작되고 있다.

노화에 따른 감각 기능의 결여와 근골격계의 다양한 변화는 인체의 균형과 운동조절 능력을 감소시키며 보행의 운동형상학적(kinematic), 운동학적(kinetic) 변화를 야기한다. 또한 노화의 육체적 변화와 더불어 영양 부족, 약물, 우울 등과 같은 사회적, 정신적인 요소들은 노년기의 보행 및 운동 능력을 제한하고, 낙상 등의 비정상적인 운동에 의한 위험을 증가시킨다. 노년기의 낙상 등의 비정상적인 운동 예방은 노화와 관련된 균형 조절 시스템의 변화를 중심으로 많은 연구자들의 목표가 되어왔고 대다수의 연구는 이를 노인들에 대한 운동 기능 저하 혹은 퇴화와 연관시키고 있다. 노인들은 이러한 생리적, 병리적 원인에 의하여 신체 활동의 기능적 능력이 손상되며 생존에 필요한 일상생활(ADL)을 영위하기 위하여 노인 운동기능 증진·회복 기술 개발은 필수적이다. 이를 위하여 노인의 운동특성에 대한 심층적인 생체역학적인 이해를 위한 연구는 필수적이라 하겠다.

노화는 인체의 근골격계, 신경계, 순환기계, 호흡기계, 소화기계, 비뇨기, 내분비기, 대사 등의 여러 가지 변화를 야기한다. 특히 노화에 따른 근골격계는 근육 작용이 감소되고 신체 구성에 다양한 변화를 일으켜 기능의 감소를 가져온다.

노화에 따른 근육계는 근섬유의 부피 감소로 인해 근육의 크기가 줄어들며 근육량의 감소가 나타난다. 근육량의 감소는 근력 저하의 주된 요인이며, 이러한 약화는 노인의 활동성을 저하시켜 결국에는 근육의 폐용성 위축을 초래한다. 노화와 관련된 근력과 근육 크기의 변화는 빠른 수축을 하는 근섬유(fast twitch muscle fiber)나 type II 섬유의 특정한 위축으로 지배 영역이 감소되어 나타난다고 하였으나, 근섬유의 형태와는 관계없이 근섬유 영역이 감소된다는 것이 일반적이다. 근 섬유의 감소는 운동

신경원과 운동 단위의 손실과 연관되며, 운동 시 운동 속도를 느려지게 한다. 근력은 운동 속도(velocity)와 직접적으로 관련이 있으며, 정적, 동적 균형과도 연관성이 있다. 정적, 동적 근력은 약 45세 이후부터 수행 능력이 10년에 약 5%씩 저하되며, 이러한 노인의 근력 약화는 보행, 낙상, 그리고 기능적 활동에 영향을 미친다.

골격계의 수핵 퇴행, 골관절염, 척추 후만, 골다공증의 변화는 관절의 가동성과 신장을 감소시킨다. 노인의 육체적 활동 저하는 골 질량을 감소시키고, 골다공증을 야기하며 노인은 파골 세포에 의한 골 흡수가 골아 세포에 의한 골 형성보다 과도하여 칼슘 양과 골 밀도, 골 피질의 비율이 감소하기 때문에 이러한 변화는 골다공증으로 발전되기 쉽다. 골 질량의 감소는 체중 부하나 외부 힘에 대한 생체역학적 기능을 감소시키며, 골절의 위험을 증가시킨다. 디스크의 높이, 흉추 후만, 복벽 근육의 약화는 골반과 연관되어 자세를 변화시키고 인체의 질량 중심을 변화시킨다. 또한 활동성이 저하되어 앉아 있는 시간이 늘어남에 따라 보행에 관련된 고관절의 굴곡 구축, 슬관절의 굴곡 구축이 발생하며 골반과 체간이 앞으로 구부러지고, 중력선이 고관절과 슬관절의 굴곡근으로 작용하여 기능적 보행을 방해한다.

신경계는 대뇌피질의 위축과 신경 세포의 감소로 기억력과 인지력이 감소되어, 자극에 대한 반응 시간을 지연시킨다. 신경 전달 물질 감소, 청각, 전정기관, 시각의 정확성이 감소되며 고유수용감각 또한 노화와 함께 감소된다. 고유수용감각의 변화는 신체 팔 및 발의 공간 인지능력과 압력 감지 등의 감각 기능을 저하시키게 되며, 보행 및 팔의 운동 시 발의 기능에 영향을 미치게 되고 이러한 변화에 적응하기 위해 운동 시 대상작용이 나타난다. 감각 기능 또한 보행의 중요한 인자로 시각 감소, 민감성의 감소, 장애물 인지력이 현저하게 감소되어 낙상 등 운동기능 저하에 의한 이상 운동과 관절의 위험요소가 된다.

결합 조직의 변화는 노인의 가동성을 저하시킨다. 특히 노화와 함께 인대, 관절낭, 건과 건막, 근육의 결합조직을 포함하는 관절 주변 결합조직(PCT; periarticular connective tissue)에 존재하는 콜라겐의 트로포콜라겐은 인접한 분자들과 결합되어 인대, 건의 신장력을 감소시킨다. 이러한 변화는 인체 근골격역학을 변화시키며, 콜라겐의 석회화는

관절 연골에 역학적 변화를 일으킨다.

결과적으로 노인들은 이러한 생리적, 병리적 원인에 의하여 보행 및 팔운동과 같은 신체 활동의 기능적 능력이 심각하게 손상되며 생존에 필요한 일상생활(ADL)을 영위하기 위하여 노인 운동기능 증진·회복 기술 개발은 필수적이다.

3. 기술 현황

3.1 노인 운동기능 증진 기술

관련 기술은 임상학과 기술공학이 통합되는 기술의 복합성으로 우리나라의 경우 90년대부터 분야 기술이 국내에 소개되어 70년대부터 연구개발을 시작한 미국 등의 선진국에 비하여 기술수준이 열악한 수준이다. 2001년 현재 관련기술에 대한 국내의 산업화 현황은 전무 하다고 볼 수 있으나 중저위 기술을 사용한 단품 성격의 물리치료 및 훈련 기기들은 고용종사자가 50명 이하인 39개 소기업에서 생산 되고 있으며⁽²⁾ 이들 물리치료 및 훈련 기기는 단순 저기능의 외국 제품을 모방 생산하고 있는 단계이다.

1999년 국내 소기업에 의한 물리치료 및 훈련기기의 생산액은 연 100억원 가량으로 추산되며⁽²⁾, 현재 국내에 수입되어 운용 중인 중고급형 운동분석 및 재활치료훈련기기는 2001년 기준으로 약 150개 병원과 연구기관 등에 의해 보유된 것으로 추정되며 이들에 의해 지출된 금액은 2000억원에 이르는 것으로 추산된다.

그러나 수입된 중고급형 운동분석 및 재활치료 훈련기는 운동분석과 재활치료 훈련 부분이 분리되어 있으며, 인체활동기능에 대한 분석기능이 뒤떨어지는 저중급의 기술이 적용된 제품이다. 2003년 기준으로 관련 기술에 대한 국내 학계와 연구기관에 의한 연구는 기반을 이루는 운동양식 표준화 기술/3차원 가시화 기술/운동측정 기술에 대한 연구가 수행되고 있으며 이들에 대한 기술 수준은 중급수준에 육박하는 것으로 추정된다⁽²⁾.

기초 요소 기술인 근육신경계 계측기술/복합계측기술에 대한 연구 수준은 중급을 약간 상회하는 수준으로 추정되며⁽²⁾, 기초 임상요소 기술인 재활의학, 신경내외과, 정형외과의 국내 임상 기술은 중고급으로 분류 될 수 있으며, 관련기술 개발에 대한 기반 및 기초 요소 기술에 대한 국내 학계와 연구

기관에 의한 연구 잠재성은 전체적으로 중급 정도의 수준을 지닌 것으로 판단된다.

외국의 경우 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 관련기술 산업이 중소기업형 첨단 고부가가치 산업으로 세계를 주도하고 있으며, 이미 고령사회로 진입한 일본의 경우, 노인/장애인 복지산업의 국가적 중점 산업 육성정책의 일환으로 1996년부터 통산성(15과제), 문부성(21건) 등, 중장기 국가 정책적 기획에 의하여 기술개발분야 투자가 이루어지고 있다. 특히 노인을 대상으로 Og Giken사를 필두로 20여개의 기업이 관련기술 제품화 연구에 매진하고 있으며, 2003년 현재 준지능형 운동기능 증진 시스템을 상용화 하였으며(그림 1), 준지능형을 실현하기 위한 운동 및 근력 측정장치를 개발하고 있다. 또한 고령화 사회 대비 실버 인구의 ADL과 직업의 계속 측면의 활발한 연구가 진행되고 있고 1996년부터 통산성(15과제), 문부성(21건) 등, 중장기 국가 정책적 기획에 의하여 기술개발분야 투자가 이루어지고 있다.

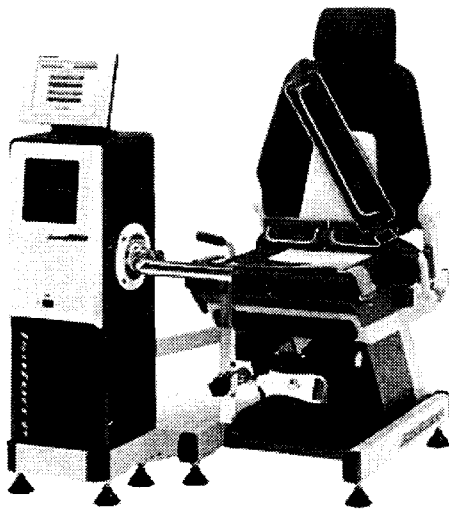


Fig. 1 Isokinetic exercise machine for recovering physical functions (Japan)

미국의 경우는 NIH (NCMRR), NIDRR, VA 등 국책과제에 의해 연구가 지원되고 있으며 Henley Healthcare, Inc. 등 약 60여개 관련 기업에서 관련 응용 연구에 막대한 투자를 하고 있다. 현재 생체

의료공학자, 의사, 물리치료사 등이 주축이 된 ‘운동분석 및 재활치료훈련 학회’를 설립하여 여기에 관련된 논의와 논문을 발표하고 있으며 현재 관련 연구에 대한 SCI 논문수가 1800여편 이상이 되는 것으로 추산될 정도로 활발한 연구를 수행하고 있다.

미국은 1970년부터 운동특성 측정 및 훈련 시스템에 대한 투자를 장애인 복지 및 비장애인 건강증진 측면에서 지원해 왔으며, 1980년부터는 고령화 사회에 직면한 위기의식으로 노인의 근골격계 질환 치료 및 재활 측면에서 지원하고 있다. 특히 미국은 전체 인구의 35% 정도가 다양한 장애를 가진 인구로 분류되고 있는 만큼 기술 개발에 적극적인데 미국 NICHD (NCMRR)에 1999년 한해동안 지원된 재활 관련 연구 투자는 752,179,000 불에 달하며, 2000년 859,258,000 불, 2001년에는 904,705,000 불이 지원되었다. 재활 프로그램을 담당하고 있는 미국 NIDRR에 의해서 현재와 미래의 미국 재활 프로그램의 활성화 계획에 의해 Rehabilitation Assistive Technology에 대한 심층적 보완 작업이 진행/ 지원되고 있으며, 미국 VA에 의해 Rehabilitation Training Program에 지원되고 있다.

유럽에서는 로봇 기술을 재활기술과의 접목을 통한 운동기능 증진용 훈련기기 개발에 박차를 가하고 있으며, 프랑스의 Medimex, 독일의 Proxomed, 벨기에의 Enraf-Nonius, 이태리의 Elektion, 영국의 Physio-Med, 스위스의 LMT사 등이 주도하여 기초 및 응용 기술 연구를 진행하고 있다. 스위스 LMT에 의하여 최근 개발된 LOCOMAT는 로봇 기술을 이용하여 하지의 운동기능을 프로그래밍된 보행 훈련을 시켜줌으로서 운동기능을 증진하는 시스템이며(그림 2), 유럽도 미국과 마찬가지로 ‘유럽 운동분석 및 재활치료훈련 학회’를 결성하여 기술과 제품에 대한 논의와 논문 발표를 진행하고 있다.

독일의 경우 재활공학의 선진국을 고수하기 위하여 1990년부터 운동재활훈련 시스템에 대한 기술 개발에 집중 투자하고 있으며, 영국 및 이태리의 경우 운동특성 측정에 대한 기술 투자를 꾸준히 1990년 이래 하고 있고 최근 인공지능이 있는 제품 개발에 착수하였다. 운동특성 측정 및 훈련 시스템에 대한 기술연구는 중고급의 기술을 사용하는 재활 및 물리 치료시스템 개발 기술이 주도하고 있으며 광범위한 시장성을 바탕으로 노인뿐만 아니라 장애인을 대상으로 한 중저위 기술부터 초고급 기

술의 범위에 대해 제품을 개발 하고 있다.

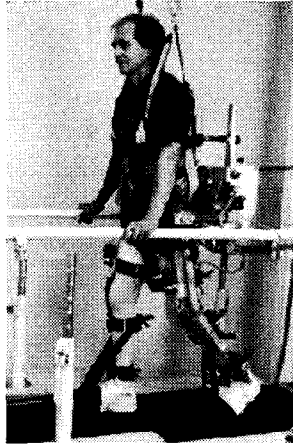


Fig 2. Lower-limb exercise machine for restoring physical functions being developed by Swiss (LMT) that is controlled by AI (artificial intelligence).

3.2 노인 운동기능 회복 기술

노인 운동기능회복이라는 기술의 명제는 노인의 활동능력이 퇴화 혹은 저하 되었다더라도 아직 노인에게 남아 있는 잔존 근골격 기능을 이용하여 활동능력을 보조하여 복원하거나 잔존 근골격 기능을 증폭하여 활동능력을 복원시키는 것을 목적으로 하며 이는 근골격 기능이 완전히 마비 혹은 상실된 장애인의 활동능력 복원과는 전술된 점에서 기술적으로 완전히 상이하다고 할 수 있다.

우리나라에서는 1996년부터 산재의료관리원 재활공학연구소에서 장애인을 위한 운동기능의 대체/보조장치의 개발의 일환으로 중저위의 각종 의수, 의족 및 보조기 등에 대한 연구를 수행한 것이 최초의 운동기능회복기술 연구의 시초라고 할 수 있으며, 이외에 연세대, 포항공대, 과학기술대 등에서도 장애인 운동기능 회복에 대한 연구를 수행하고 있으며, 포항공대, 연세대에서는 촉각 감지형 전자 의수, 인공지능형 슬관절 보조기 등 장애인용 운동기능회복기술 연구를 수행하였다. 그러나 전반적으로 인체 운동기능회복 기술에 대한 선진국대비 기술 수준이 아직도 30% 수준에 그치고 있고 관련 산업의 미성숙으로 수출 등 대외적 기술 경쟁력은 아직도 미약한 편이다⁽²⁾.

특히 기존의 연구도 전적으로 장애인의 운동기능회복을 위한 기술 개발이며 노인 운동기능회복 시스템관련 기술 개발은 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다. 주로 마비 장애인 및 절단 장애인의 활동을 복원하는 목적으로 종래의 기술 개발이 이루어 졌고, 사지가 존재하지만 잔존근육의 근력이 퇴화 약화된 노인에 대한 운동기능회복에 대한 기술에 대한 지식은 저위에 그치고 있는 실정이다. 최근 노인을 위한 운동기능회복을 위하여 복지선진국인 미국, 일본, 유럽에서는 인체근골격 관련 근육생체역학, 근골격생체역학, 생체신호 측정 및 처리 및 생체전산과 같은 학문이 융합되는 바이오메카트로닉스 기술이 시작되고 있는 추세이나 우리나라는 초기 단계에 머물고 있다.

특히 이중 인체에서 발생하는 생체신호인 근전위신호(MES)를 이용하여 퇴화되거나 상실된 운동기능을 회복시켜주는 연구는 노인의 실제 의사를 반영함으로써 생리적 및 정신적으로 그들의 사회활동 복귀에 직접적인 도움을 주는 장점이 있다. 이 기술과 직접 관계되는 연구로서 고려대학교 제어계측공학과 연구팀은 고려대학교의 연구지원을 받아 2003년부터 지능형 제어와 근육생체역학, 근골격생체역학, 생체신호 측정 및 처리를 융합하여 “동적 근전위신호를 이용한 인체 관절운동의 예측”이라는 바이오닉 기초 연구를 수행하고 있으나 우리나라 산-학-연 주체별 관련 기반기술의 보유 정도는 미국의 경우와 비교할 때 약 10% 정도의 수준에 그치고 있어, 분야의 연구개발과 관련 산업의 육성 발전을 위하여 정부의 지속적 지원이 요구되고 있다.

전술된 인체를 기본으로 운동기능회복을 목적으로 하는 기술은 인체와의 인터페이스를 중요시하며 잔존 근골격기능과 자연제어기능을 극대화하기 위하여 운동기능회복 시스템의 인체 친화성 및 경량화 등을 중요한 설계 인자로 설정한 후 수행된다. 인체의 기능을 기본으로 고려하지 않은 로봇의 개념을 사용한 인체 운동기능회복을 위한 우리나라 연구는 1997년 한국과학기술연구원에서 인간의 팔구조 특성인 병렬/직렬 복합 구조인 Hybrid 기구부와 분산 분포되어 있는 힘 인식 신경세포처럼 분산되어 힘을 인식함으로써 조종자에게 안정감을 주는 Master arm을 개발하였으나 고중량 및 부피 등으로 실제 적용되기는 어려움이 있었다. 이후 전자부품 연구원에 의하여 산업자원부 차세대 연구사업을 위

하여 “생체신호를 이용한 로봇구동 및 제어기술개발에 대한 연구” 기획 등이 이루어진 바 있으나 심층적으로 연구된 바는 없다.

일본은 10년 전부터 “의료 복지기기 기술 연구 개발”이라는 국가적 프로젝트로서 지체장애인 및 노령화사회에 대비한 활동 복원 기술 연구개발을 활성화하고 있으며 현재 성과는 24개 핵심과제가 지원되어 40%가 실용화되었거나 실용화 과정을 진행중이며 나머지 과제들도 지속적인 연구개발투자를 통해 10년내 실용화를 완료하여 해당분야에 선도적 지위를 확보하고자 하는 계획을 세우고 있다. 일본은 본 과제 관련 기술로 NABOCO사는 1998년 인공지능다리를 개발하여 상용화함으로써 세계적 인정을 받고 있으며, 동경대에서는 공압장치를 사용한 능동형 노인용 보행보조장치(PGO)를 최근 연구 개발하였으며, 1999년에 Suga 등은 인공지능 Elbow 보조기(Intelligent Orthosis, IO)를 개발하였다. 이 보조기는 로터리 엔코더와 힐 스위치를 이용하여 관절운동의 저항값을 측정하여 제어하였다(그림 3). 2002년에 노인의 수작업 보조를 위한 보조 시스템인 글로브형 핑거 시스템이 일본 재할연구원에 의하여 개발되었으며 중합체를 사용한 바이오액튜에이터를 사용하여 경량이며 현재 생체신호에 의해 제어하려는 연구를 추진 중이다(그림 4).



Fig 3. Assistive device to support elbow motion using air muscle actuators

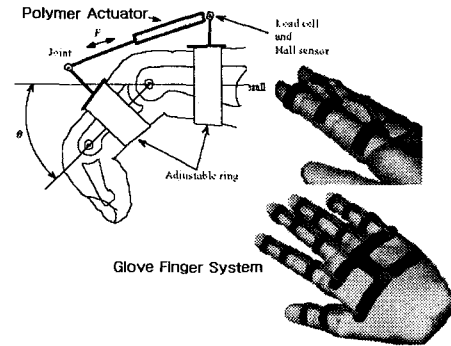


Fig 4. Glove type assistive devices using polymer muscle actuators

2001년 Tohoku 대학에서는 근력 및 균형 감각 약화로 보행에 어려움이 있는 고령자를 위해 장착형 보행보조 시스템 "Wearable Walking Supporting System"를 개발하였으며 이 시스템의 목표는 약화된 근력과 균형 감각을 증대시키는 것이며 무릎의 구조와 동작을 고려한 무릎 보조 시스템도 개발하였다(그림5). 2002년 일본의 Skuba 대학에서 근육의 MES를 이용하여 외골격의 보행보조기의 active 제어를 구현하는데 성공하였으며, 고/슬관절에 대한 중저위 수준의 보행시 입각기 및 유각기에 대한 토크제어를 하는데 성공하였다고 보고하였다(그림6).

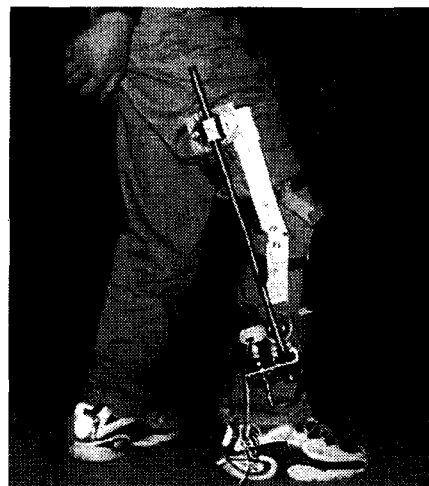


Fig 5. Wearable walking support system

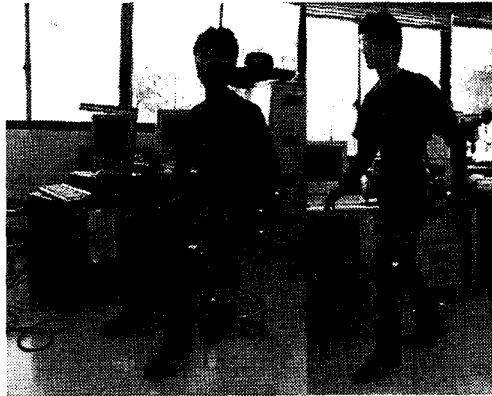


Fig 6. Walking support device using torque control

독일은 1975년 “건강을 위한 연구개발”계획을 세워 현재까지 수백억 마르크의 재원을 투입하고 있으며, 세계 최고의 Otto Bock사를 중심으로 이미 세계최고수준의 신체기능 대체 및 보조기술을 확보하고 산업화에도 성공하여 이 분야의 선두주자로 인정되고 있다. 2000년 Otto Bock사는 마이크로프로세서와 각종 센서를 이용한 인공지능형 다리를 개발, 환경 및 상황에 대처되는 첨단과학의 의족을 개발하였으나 유럽은 주로 장애인 관련 운동기능 회복 시스템에 대한 투자를 하고 있다.

미국은 USMC, HOSMER, MIND등과 같은 벤처형 중소기업들이 실용화 연구개발을 담당하고 있으며 Northwestern 대학 재활연구소, PRS등에서 기초기반기술에 대한 꾸준한 연구가 진행되고 있다. 특히 최근 와싱턴대와 뉴멕시코대 등에서는 이온성 폴리머와 금속 복합재(IPMC)와 공압튜브(Air Muscle)를 각각 사용한 인공근육에 대한 연구를 활발히 진행하고 있어 능동형 활동 복원장치에의 적용에 가능성을 시사하고 있다. 1980년대 미국에서 근전위에 의한 작업보조기 제어는 Control based myoelectrical statistical pattern recognition technique 연구에 초기에 집중되었으며 간단한 손 운동에 대해서도 어깨로부터 손까지의 모든 근육의 MES의 어떠한 혼합된 결과로 나타난다고 가정하여 초기에 Temple 대학에서는 통계학적인 방법으로 MES의 패턴을 인식하여 손의 특정한 운동 경향을 규명하려는 연구를 수행하였다.

1990년 미국의 UCLA와 스웨덴의 Goteborg에 있어서도 통계학적인 MES 패턴 인식을 통한 손의 움

직임을 제어하는 연구가 수행되었고 6개의 EMG 센서를 사용하여 3자유도의 손운동을 동시에 제어하였으나 개개인의 특성에 대한 패턴인식의 어려움으로 인해 성공적이지 못한 것으로 평가되었다. 1992년 미국 MIT에서는 musculoskeletal dynamics를 이용하고, MES를 측정하여 vectormyogram을 이용하여 의수의 운동을 제어하려는 연구를 수행하였으나, MES를 dynamic equation에서 사용되는 동역학적인 인자로 변환의 난해성 해결이 숙제였다고 보고되었다. 1994년 미네소타대학의 Goldfarb와 Durfee는 마그네틱 파티클 브레이크를 이용한 Controlled Brake Orthosis(CBO)를 개발하여 초과되는 슬관절 토크를 제거한 보행기능회복보조기를 개발하였으며 노인에게 착용후 보행속도가 높아졌으며 보행시 슬관절 각도 안정화가 가능해졌다(그림 7).

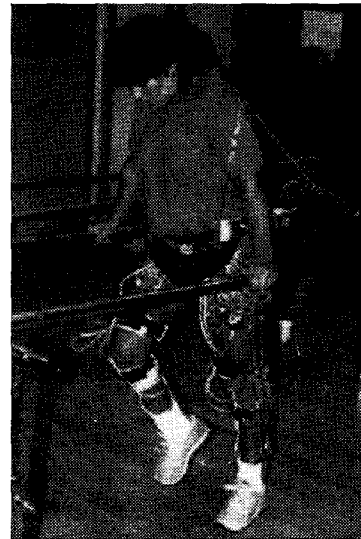


Fig 7. CBO type hybrid gait orthosis

1996년 이래 캐나다의 New Brunswick 대학에서는 이전의 모든 MES 관련 연구가 stationary-isometric signal로 가정되어 연구된 것과는 다르게 근육이 수축할 바로 그 시점에서 MES를 측정하여 신경회로망에 의한 제어를 시도하였으며, 통계학적인 접근 방법을 동시에 적용하는 연구를 진행 중 이다. 2000년에 Ruthenberg등에 의하여 4-bar 링크와 CAM 시스템을 사용한 Powered Gait

Orthosis (PGO)를 최초로 개발하였음. 이것은 선형 DC모터에 의하여 1자유도로 구동되며 마비환자를 위한 실용적인 목적보다 연구를 위한 도구로 개발되었으며 배터리 팩과 컨트롤 시스템은 폴셋의 후방에 붙이고, 슬관절 기능을 위하여 캠 모듈화 링크가 고관절과 슬관절을 기구화 하였다.

2001년 Irby는 유각기 동안 슬관절을 굴곡시키고 입각기동안 제한하는 보조장치인 Dynamic Knee Brace System (DKBS)을 개발하였으며 채용된 기구는 Footswitch의 정보가 입력이고, 유한상태로서 슬관절 제어는 선형 솔레노이드를 사용하였다. 2002년 미국 Wisconsin 대학의 재활공학 실험실에서 유공압 기술과 다른 보조 디바이스를 이용하여 인간의 손목과 손가락 동작을 제공하는 Orthotic Hand 개발 하였다(그림 8).

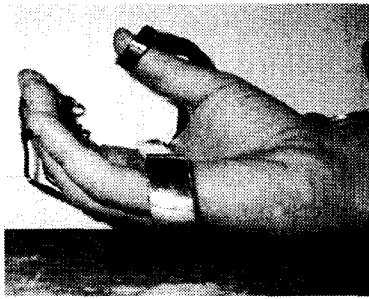


Fig 8. Orthotic hand using pneumation actuator

4. 기술 주도권 이동현황 및 전망

노인 운동기능 증진·회복 기술에 대한 선진국으로는 미국, 일본, 독일, 프랑스, 아이슬랜드 등을 들 수 있으며 노인 운동기능 증진·회복 기술은 이미 중요한 고부가가치 기술집약형 산업기술로 자리 잡고 있다. 특히 SME(small and medium enterprise) 지방분권형 기술 산업으로서의 국가적 지원과 국민의 풍부한 재력을 바탕으로 지속적인 성장을 하고 있으며 현재 첨단 생체에 대한 노인 운동기능 증진·회복 기술 확보에 대한 국가간의 온 힘을 다하는 경쟁을 하고 있으며, 기존에 중급 기술인 기계 및 전기·전자 공학 베이스 제품 기술에 대한 연구개발은 점차 감소 추세이다.

노인 운동기능 증진·회복 기술에 대한 기술 중진국으로는 캐나다, 호주, 이태리, 스페인, 대만 등

을 들 수 있으며 기술선진국들이 주도하던 중급 기술인 기계 및 전기·전자 공학 베이스 제품 기술을 적용하여 중급 노인 운동기능 증진·회복 기술 산업 시장에서 치열한 경쟁을 하고 있다.

한국은 노인 운동기능 증진·회복 기술에 대하여 기술개발도상국으로 분류 될 수 있으며 노인 운동기능 증진·회복 기술 투자가 시작 된 시점은 1995년 이후로서 극히 짧은 연구개발 역사(미국 80년 역사, 프랑스 90년 등)에 비하여 기술선진국에 뒤지지 않는 연구진, 의료임상기술, IT 기술, 기계·전자 공학 기술을 바탕으로 현재 이 분야에 대한 급격한 발전을 이룩하고 있다고 판단된다. 현재 기술적으로는 기술중진국의 60 -70 % 정도의 수준에 있는 것으로 판단되나 상품화 및 마케팅 측면에서는 기술중진국과 비교하여 20 % 미만의 수준에 머무는 것으로 판단된다. 2000년 기준으로 관련 내수시장이 기술 선진국과 중진국으로부터 수입된 제품에 의하여 약 90% 점유되는 큰 문제점이 있으며, 현재 정부에 의한 연구개발은 미국과 비교하여도 0.1% 미만으로 추정된다.

노인 운동기능 증진·회복 기술에 대한 기술후진국은 중국, 동남아 국가 등으로 의료임상기술과 사회적 환경이 낙후되어 있어 현재로서는 노인 운동기능 증진·회복 기술 연구개발에 대한 여력은 없는 것으로 판단되며, 향후 사회여건의 변화에 의하여 10년 - 20년 정도 기간에 대하여 노인 운동기능 증진·회복 기술산업 제품에 대한 사용자가 될 가능성이 큰 시장성이 있는 국가이다.

5. 맺음말

이상으로 노인 운동기능 증진·회복 기술에 대하여 기술하였다. 현재에도 이 분야의 기술은 급격히 발전하고 있으며, 생체신호 중에서도 연구가 난해하다고 하는 뇌신호를 이용한 노인 운동기능 증진·회복 기술이 이미 선진국에서는 집중 연구되고 있다. 발전의 속도가 빠른 이유로 우리나라에서 대학교, 연구소, 정부가 일체화되어 연구개발에 대한 집중 투자가 요구된다. 결론적으로 이미 2000년 고령화 사회로 진입된 국내 노인 인구의 증가는 점차 사회적 문제가 되고 있으며, 우리나라가 고령사회로 진입하는 2010년 이후에 우리나라가 절실히 요구하는 신기술 분야로서 상기에 언급된 노인 운동기능 증진·회복 기술 확보는 경제적 산업적 측면뿐

만 아니라 우리나라의 복지 사회화에 의한 노인 복지 관련 예산 증가와 더불어 노인 인구가 보유하고 있는 경제적 능력의 급속한 증가와 함께 급격한 시장 수요가 예상되는 중요한 분야라고 할 수 있다. 노인 운동기능 증진·회복 기술 선진국 및 중진국의 기술과 제품에 종속되지 않고 우리나라와 노인 운동기능 증진·회복 기술 후진국의 막대한 미래 시장을 확보하기 위해서는 기초기술과 제품화 기술을 지속적으로 개발해야 할 것이다.

참고문헌

1. 고정민, 정연승, “고령화 사회의 도래에 따른 기회와 위협,” 삼성경제연구소 보고서, 2002.
2. 보건산업백서, 보건산업진흥원, 2002.