

생체기술과 기계공학

이 글에서는 기계공학의 생체 및 의료부문의 응용 분야를 알아보고, 현재 국내의 연구 현황 및 미래의 발전 방향을 소개한다.

최귀원

기계공학 기술의 생체에의 적용은 우선 생체시스템을 이해하고 나아가서 인간의 질병의 예방 및 치료, 손상 및 상실된 기능의 회복을 도와 삶의 질을 향상시키는 것에 그 목적이 있다. 기계공학의 생체(biology 혹은 biological system)의 적용은 학문적으로 생체역학(biomechanics)으로 현재 정의되고 있다. 생체역학의 인체에의 적용은 그 범위가 광범위하여 전신(whole body)의 운동양식의 해석으로부터 인체의 각종 장기(organ : 심장, 관절 등), 그리고 조직(tissue : 연골, 뼈, 혈관 등)에 이르며, 최근에는 세포(cell)의 물리-생물학적 반응에도 응용되고 있다.

다양한 기계공학 기술들이 다양한 인체 조직, 장기, 질병의 치료 등에 응용되면서 생체역학 분야는 실로 많은 세부 연구분야를 포함하고 있다. 이는 기계공학에서 다루는 재료의 응력 및 변형도 분포, 재료의 기계적 물성을 설명

하는 이론, 재료의 강도, 항복, 크랙의 전파, 파괴, 피로파괴, 복합재료, 유체역학, 열전달, 질량전달, 입자운동, 구조해석, 제어공학, 동역학, 진동, 파동학 등의 기계공학 기술이 연관되지 않은 생체조직이나 장기의 기능은 거의 존재하지 않기 때문이다. 생체역학 분야의 다양성은 대규모 국제학회의 학술 부문을 살펴보면 짐작할 수 있는데, 관절역학, 심장역학, 근육운동학, 운동해석, 모델링, 혈류운동학, 재활공학, 경조직역학, 연조직역학, 인공관절, 골질역학, 세포역학, 피부역학, 충돌역학, 보행해석, 임플란트해석, 스포츠역학, 의료기기설계, 치과역학 등 실로 다양

하다. 인체에 가해지는 모든 종류의 기계공학적인 자극 혹은 부하에 대한 인체의 각 부분에서의 생물학적인 반응을 총체적으로 연구하는 분야가 생체역학이라고



그림 1 인공치아의 개념도

• 최귀원/ 한국과학기술연구원 의과학연구소, 책임연구원/ e-mail : choi@kist.re.kr

생각하면 무리가 없을 것이다.

이러한 관점에서 본다면 생체역학은 최근에 유행하는 새로운 학문 분야가 아니라, 인간의 생활과 함께 있어왔던 분야로 간주될 수 있다. 단지 최근에 들어 이 분야가 하나의 독립적인 학문분야로 분류되어 새로운 것으로 이해되고 있는 것이다. 고대시대 전쟁터에서 병사가 다리에 골절이 생기면 나무막대를 다리 옆에 대고 천으로 골절된 부위를 고정하였다. 이는 골절시 첫 조치로 행해지는 뼈의 적절한 배열(align-

적합한 기계적인 하중 및 환경의 최적조건을 기계공학적으로 해석하여 치료에 사용하고 있지만, 고대의 원시적인 치료법 역시 기계공학적인 개념이 인체에 적용된 것으로 간주되어 생체역학적 기술이 응용된 것으로 볼 수 있다. 이러한 고대의 생체역학적인 기술은 인공치아(dental implant)에서도 찾아볼 수 있다. 인공치아는 상실된 치아를 대신하여 금속과 세라믹으로 구성된 인공물을 턱 뼈에 이식하여 치아의 기능을 회복시키는 기술로 1970년대 후

능을 보유해야 하며, 동시에 턱 뼈와의 견고한 장기적인 고정이 필수적이다. 인공치아 주변의 뼈 조직의 활성화를 도모하기 위한 적절한 기계적인 환경이 조성되게 설계되어야 하며, 이는 정적인 해석 및 충격시의 해석이 동시에 수반되어야 한다. 이러한 인공치아의 개념은 역사를 거슬러 올라가면 고대 이집트의 유물에서 발견된다. 당시 상실된 치아를 대신하여 검은 돌을 사용하여 (아마도 기계적 강도가 우수한 재료였을 것으로 사료됨) 치아 모양으로 성형 후 잇몸에 이식하여 사용하였던 예를 볼 수가 있다. 물론 당시 인공치아의 기능은 일시적이고 어쩌면 미관적인 대체물이었을 것으로 추정되지만, 인체장기의 일부를 인공물로 대체하여 기계적인 기능을 회복하려는 시도는 생체역학적인 개념의 응용으로 볼 수 있다.

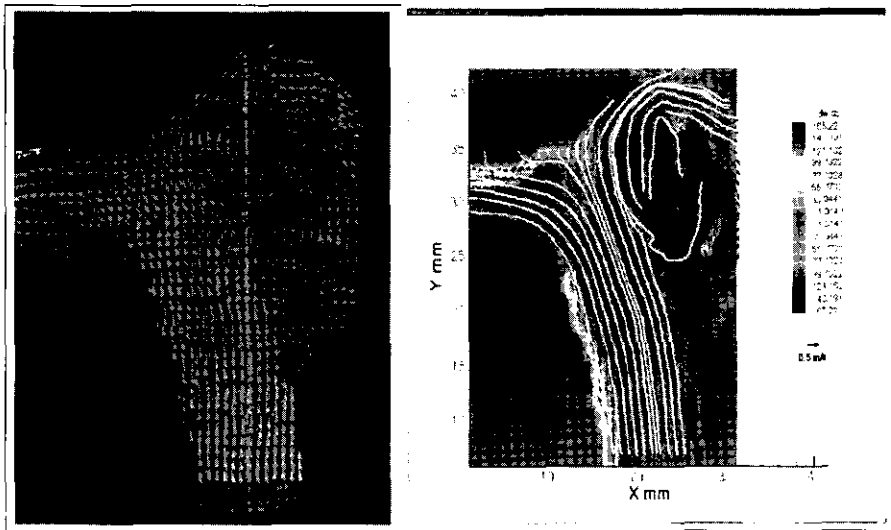


그림 2 기저동맥부 혈류유동 가시화

ment)과 움직임을 방지할 수 있도록 유도하여 생물학적 치유과정을 시작하게 하는 조치이며, 또한 부목을 이용하여 체중을 분산시키고 보행을 돕는 치료효과를 가져온다. 현재의 의술은 뼈의 치유과정에

반부터 사용되기 시작하여, 현재는 치과분야를 주도하는 치료기술로 자리잡고 있다. (그림 1 참조)

인공치아는 자연치아의 저작기능을 수행하기 위한 기계적인 기

생체역학의 역사적 배경

미국의 저명한 생체역학자 Y.C. Fung에 의하면 생체역학 분야의 최초의 과학자를 Galileo Galilei(1564~1642)로 꼽는다. 과학적인 실험에 근거한 이론을 실제 생체현상을 규명하는 연구를 최초로 수행한 생체역

학자이다. 그가 물리학자인 것은 모두 아는 사실이지만, 물리학자가 되기 전 Galileo는 의학도였다. 진자운동 원리를 이용하여 인간의 맥박을 최초로 측정하였고, 심장의 맥동을 정량화하였으며, 또한 현대식 현미경을 최초로 설계한 사람이다. Galileo의 제자인 William Harvey(1578~1658)는 Galileo의 측정이론을 바탕으로 심장의 용량을 추정하였으며, 한 시간동안 심장이 뿜어내는 피의 양이 약 540 파운드라는 것을 밝히고, 이를 바탕으로 심장의 기능과 피의 순환계의 존재를 처음으로 제시한 사람이다.

이들 외에 기계공학자들이 익히 알고 있는 Robert Boyle, Robert Hooke, Leonhard Euler, 그리고 Thomas Young 역시 생체역학자였다. Robert Boyle은 폐(lung)를 연구하였으며, 물고기의 호흡에 있어 공기의 기능에 대해 연구하였고, Hooke의 법칙으로 유명한 Hooke는 생명체의 기본체가 되는 세포(cell)의 용어를 처음 도입한 사람이기도 하다. Euler는 동맥에서의 파장의 전파에 대한 연구를 발표하였으며, Young's modulus(탄성계수)로 유명한 Young은 난시에 대한 연구결과로 빛의 파장에 대한 이론을 발표하기도 하였다. 또한 유체역학의 Poiseuille 법칙으로 유명한 Poiseuille는 개의 동맥으로부터 혈압을 측정하는 기기를 발명하였다.

이외에도 수 많은 의학도, 공학

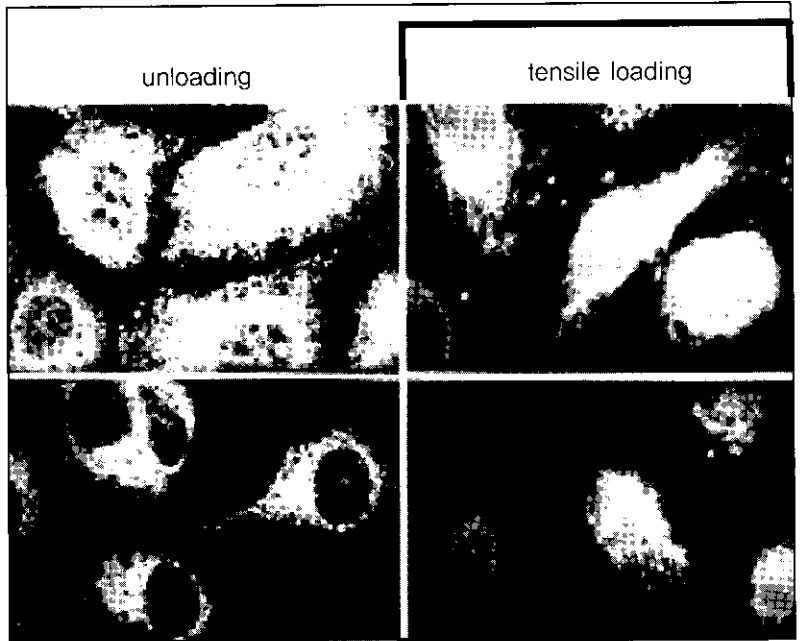


그림 3 혈관내피 세포에 인장력 부가시 발생하는 세포주변의 생물학적 변화

자 및 자연과학자들이 생체현상의 과학적인 규명, 측정이론 및 기기의 발명, 나아가서 치료법의 개발 등 수많은 생체역학 연구를 수행하였다.

주요 연구분야

생체역학의 주요 연구분야로는 크게 순환계(심장 및 혈관, 혈류), 근골격계(인공관절 및 외과용 치료기기, 치과용 기기), 재활분야(인공의지, 보조기기, 로봇 등), 차량 및 항공 안전분야(충돌시험 등) 및 기타 분야가 있다.

순환계 분야로서는 인공심장을 비롯하여 심실보조장치 등의 치료기기 개발 분야와 유체가시화 방법 및 유체의 압력측정을 통한 혈류유동 분석을 통한 혈관계 질

환(혈전, 동맥경화, 뇌졸중 등)의 원인을 규명하는 분야(그림 2 참조), 또한 인공혈관의 이식시 자연혈관과 인공혈관의 접합부에서 발생하는 임상적인 문제점을 연구하는 분야 등이 대표적이다. 그리고 혈관벽에 존재하는 세포의 성장 및 사멸과 유체의 유동으로 인한 세포주변의 기계적 환경과의 관계를 규명하는 연구도 인공혈관의 개발에 필수적인 연구분야이다.

근골격계 분야로는 뼈의 기계적-생물학적 관계를 규명하여 뼈의 사멸을 방지하고, 성장을 촉진시키는 최적의 기계적 환경조건을 밝히는 연구가 활발하며, 이는 골다공증, 관절염의 기전(mechanism)을 규명하고 나아가서 예방 및 치료법의 개발에 필

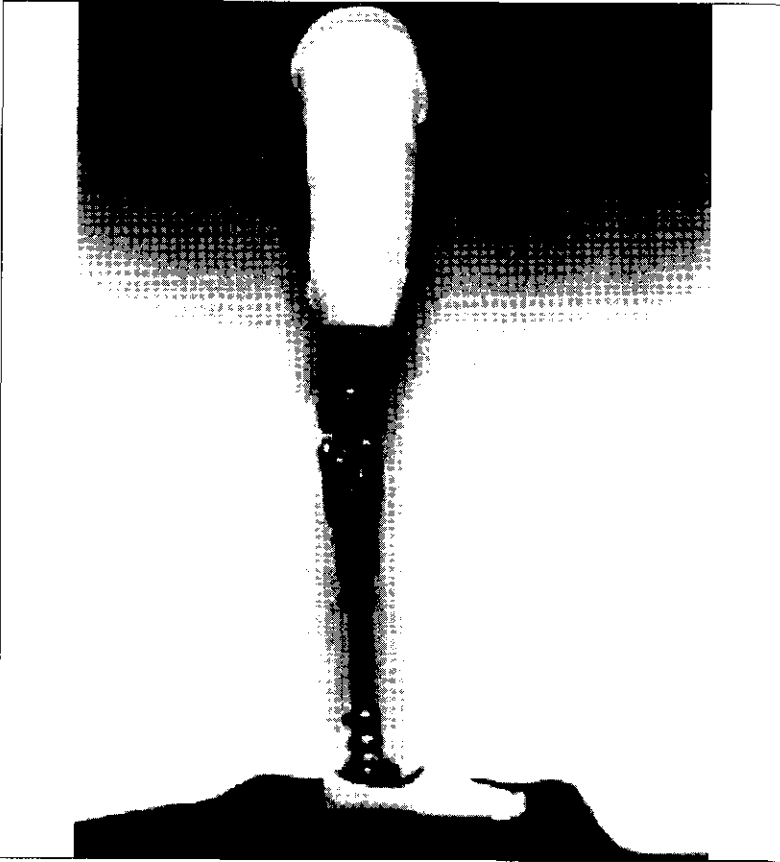


그림 4 국내에서 개발된 인공지능 의지 (재활공학연구센터)

수적이다. 또한 연골 및 인대 등 연조직의 기계공학적 특징을 연구하여, 연골대체 및 인공인대의 개발에 응용하며, 사고로 인한 이들 조직의 손상을 예방하기 위한 예방법을 제시하기도 한다.

골근육계의 생체역학 연구의 또 다른 분야는 인공관절, 인공치아 등의 인공이식물의 설계와 평가에 대한 연구이다. 최적설계, 3차원 응력해석, 각종 기계공학실험(피로시험, 마모실험 등)이 수반되며, 이식 재료의 자세한 기계적 특징 및 생체적합성에 대한

연구가 필요하다.

최근 활성화되고 있는 조직공학(tissue engineering)의 주요 관심 분야가 인공뼈, 인공연골의 개발이며, 이를 위한 기초적인 연구로서 뼈 및 연골세포의 3차원 지지체(scaffold)를 이용한 배양, 적절한 기계적인 자극을 통한 세포의 증식, 3차원 인공조직의 기계적 특성 등에 대한 연구가 필수적으로 요구된다. 단위 세포에 있어서도 기계적인 자극(stress, strain 등)이 세포의 생물학적 변화를 야기시켜 세포의 성장, 사멸

에 관여함을 규명하는 생체역학적 연구도 활발하다.(그림 3 참조)

재활분야의 연구는 다양한 생체역학기술의 적용이 요구되는 분야이다. 우선 보행분석(gait analysis), 동작분석(motion analysis)이 필요하며, 장애인의 운동기능을 회복하기 위한 각종 보조기기의 개발은 대부분 기계적인 기술이 요구된다. 최근에는 생체신호를(목소리, 안구운동 등) 이용한 휠체어의 작동, 가속도 및 압력센서의 신호를 피드백하여 보행을 자연스럽게 해주는 인공지능형 의수족, MEMS 기술을 이용한 미세운동 제어기술, 또한 재료의 경량화, 고강도화를 통한 재활기기의 소형화 기술, 각종 mechatronic 재활기기, 신경망을 이용한 man-machine interface, 뇌파를 이용하는 brain-computer interface 기술 등이 재활분야에 적용되고 있다.(그림 4 참조)

재활의 궁극적인 목표는 환자 및 장애자의 의지에 따라 인체에 부착 및 이식된 기기의 기능이 제어될 수 있는 기기의 개발에 있기 때문에 환자의 의지에 따라 발생하는 생체신호를 적절히 분석하여 이를 구동부에 전달하고, 발생된 운동의 결과 및 생체신호를 피드백 제어하여 보다 자연스럽게 편안한 기기를 개발하는 것에 연구의 초점을 맞추고 있다. 이를 위하여 최근에는 fussy logic, 신경회로망, expert 시스템, 인공지능

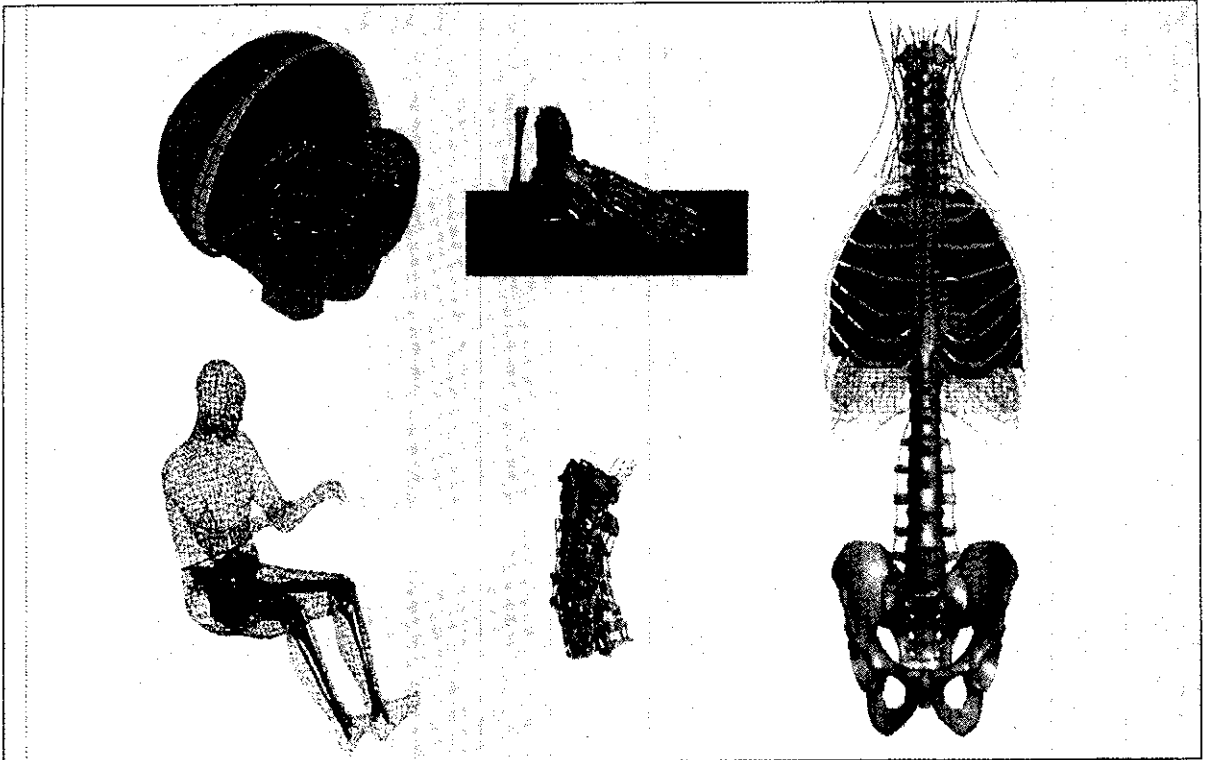


그림 5 차량충돌시 시뮬레이션을 위한 인체 내부 장기의 모델링

능 기술을 재활에 접목시키는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 또한 인체에 직접 부착되지 않으면서 장애인의 생활을 보조하는 각종 로봇(service robot)의 연구 또한 재활분야에 포함된다.

차량 및 항공 안전분야의 생체역학 연구는 안전벨트, 충돌해석, 충돌시 내부장기의 안전해석 등 차량의 충돌시 승객의 안전을 고려한 차량설계에 주안점을 두고 있다(그림 5 참조). 또한 항공분야에서는 진동과 충돌이 인체에 미치는 영향, 가속도 영향, 무중력상태에서의 인체의 반응 등에 대한 생체역학적 연구가 활발하다.

이 외에도 외과적 상체의 치유

나 상해에 대한 연구, 새로운 외과적 기술의 개발, 작업장에서의 작업조건과 인체반응에 대한 연구, 경기력 향상 및 사고 예방을 위한 각종 스포츠의 생체역학적 연구도 주요 연구분야로 간주된다.

맺음말

기계공학의 생체기술에의 활용은 전술한 대표적인 연구분야 이외에도 적용범위가 실로 방대하다. 경제력의 향상 및 인구의 노령화에 따른 사회적 변화에 따라 사람들은 건강 및 삶의 질 향상에 보다 많은 관심을 기울이고 있다. 선진국에서 의료산업의 육성에

박차를 가하고 있고, 의료산업을 21세기 3대 산업의 하나로 간주하고 있는 이유가 여기에 있다. 생체역학 기술은 의료산업, 의료기술의 발달에 필수적인 기술로 인식되고 있고, 미래의 사회에 대비하는 공학기술로 자리매김하고 있다. 현재 우리나라에서는 생체역학기술의 개발이 선진국에 비해 다소 뒤떨어지고 있는 실정이나, 생체역학연구회를 중심으로 활발한 연구활동을 전개하고 있다. 현재 국내에는 박사급 이상 생체역학 전문가들이 약 40~50명 정도 있으며, 다양한 생체역학 분야에서 활동 중이다.