THEME 05

기계공학의 의공학교육

신 현 정 KAIST 기계공학과 부교수 | e-mail : j_shin@kaist.ac.kr

기계공학의 교육은 기계공학 연구분야의 다양화와 진보에 발맞추어 4대 역학, 설계, 실험 등의 전통과목을 중심으로 다양한 각도로 진화하고 있다. 특히 최근 기계공학 기반의 의용생체공학(Biomedical Engineering) 연구활동이 활발해짐에 따라 생명과학학문과의 접목이 다양한 각도로 시도되어 교육 되는 추세를 바탕으로, 이 글에서는 이와 관련된 기계공학교육의 선진화에 대해 소개하고자 한다.

기계공학 교육의 다양화

기계공학은 산업기술계에서 핵심이 되는 학문이며, 모든 공학의 기본이라고 해도 과언이 아닐만큼 타 여러 분야의 연구에 기초와 기본이 되는 역학 및 설계 전반의 지식을 가르치는 중요한 학문이다. 기계공학의 제반 기술은 거시적인 파워플랜트로부터 자동차나 항공기 선박, 그리고 미시적인 마이크로 프로세서에 이르기까지 산업의 전반에 기여한다. 이러한 기계공학 분야의 연구는 융합시대라는 세계적 추세에 맞추어 지난 30여 년 간 많은 변화와 진보를 겪어 왔다. 전통학문인 역학 및 설계 분야의 성숙과 더불어 이에 마이크로와 나노 기반 기술, 환경과 에너지, 광학, 그리고 의학 등의 새로운 분야가 접목되어 그 영역을 넓힘과 동시에 융합연구의 기반기술로서 자리매김하고 있다.

기계공학자가 이렇게 다양화된 산업기술계 및 학계에서 주도적인 역할을 하기 위해서는 무엇보다 탄탄한 역학적 이론의 기반을 다지는 것이 중요하고 이와 더불어 최신 기술동향을 선도할 수 있도록 학부과정부터 다양화된 교육을 통한 여러 분야로의 노출이 이루어지는 것이 매우 중요하다. 예를 들면 그림 1에 예시로 보여진 노스웨스턴(Northwestern)대학의 커리큘럼 체계도에서 보는 것과 같이 역학, 설계, 시스템 등의 코어과목을 기반으로 5개의 분야로 나누어 심화 교육을 하는 것이다.

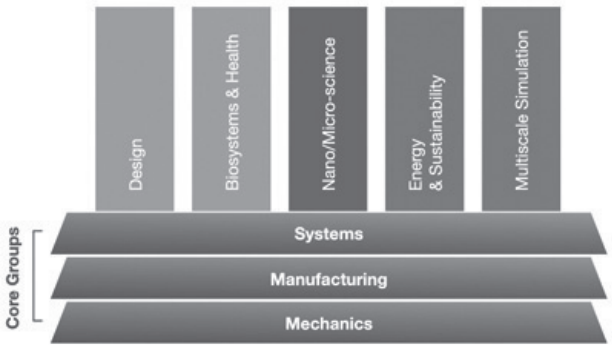

그림 1 기계공학 연구분야(출처: Northwestern 기계공학과 홈페이지)

미국 내 기계공학과 랭킹 1~10위 내의 몇 유수대학들의 학부교육과정을 자세히 들여다 보면 공통적으로 학부 1~3학년 과정에는 4대 역학을 비롯하여 시스템모델링, 제어, 진동, 재료와 가공, 및 설계 등의 기계공학도가 갖추어야 할 핵심 지식을 교육하고, 학부 3-4학년 과정에서는 이러한 기반지식을 심화하여 기계공학의 핵심연구분야를 확장하여 산업적 응용, 사회적 수요, 및 전세계적 연구추세에 맞는 동향에 대한 소개를 하고 있는 것을 볼 수 있다. 최근에는 기계공학기반 연구분야의 확장으로 다양각색의 융합연구가 활발히 진행됨에 따라 다양한 전공 출신의 교원들이 임용되고 기계공학

의 새로운 패러다임이 시작되고 있으며, 이에 따라 전통 기계공학 과목 외에도 다양한 교과목의 소개가 기계공학이라는 울타리 안에서 시도되고 있다. 한 예로 한국과학기술원의 기계공학과 내 교육의 흐름의 변화를 보면 기존에 재료나 화학과에서만 접할 수 있었던 "연료전지의 이해", 물리학 혹은 전자과의 냄새가 물씬 나는 "전자기 및 광학개론", 인체의 생리학을 다루는 "인체의 구조와 거동" 등의 수업이 개설되어 있으며, 기계와 의료기술의 융합을 위한 "의료시뮬레이션개론"이나 "바이오기계개론"을 비롯하여 인간을 이루고 있는 조직과 세포의 생리조절 및 질병의 역학적 접근방향에 대해 소개하는 "조직공학개론"과 "세포역학개론"에 이르기까지 학부 수준에서 다양한 교육들이 이루어지고 있는 것을 볼 수 있다. 이를 발전시켜 석박사과정에서는 이보다 더 한층 심화된 다양한 광학과 메디컬 분야와의 융합연구분야의 선진기술과 동향들이 심도있게 다루어지고 있어 기계공학교육이 형형각색 진화하고 있는 것을 실감할 수 있다.

특히 주목할만한 변화는 나노, 의료 및 바이오 공학에의 접목으로 해당 분야의 과목이 개론부터 심화 과정까지 폭넓게 교육되고 있는 것을 볼 수가 있는데, 이는 인간의 건강과 복지를 최고의 가치로 실현하는 현대사회의 요구에 따른 의공학 분야의 중요성을 반영하는 것이라 볼 수 있다. 따라서 이 글에서는 다양한 융합분야의 교육 중의 공학분야의 교육이 융합연구에 적합한 인재를 양성하기 위해 어떠한 선진화 전략으로 진행되고 있는지 소개하고자 한다.

기계공학 기반 의공학교육 배경 및 추세

의공학은 의과학과 공학 전반의 기술을 접목시킨 학문으로 생체의 생리적 현상을 연구하여 질병의 치료 및 진단에 필요한 각종 기술과 방법을 개발하고 적용하는 기술집약적인 융합학문이다. 의공학 분야는 생체의 조직과 세포의 생리현상을 공학적으로 이해하고 이를 이용한 이론과 기술을 개발하는 생체역학(Biomechanics) 분야를 뿌리로 두고 발전해 왔으며, 이러한 인간의 구조와 운동에 대한 역학적 이해가 각종 질병의 진단이나 치료 등에 적용이 가능함에 따라 분야는 의용생체공학(Biomedical Engineering)으로 영역확장을 하게 되었다*.

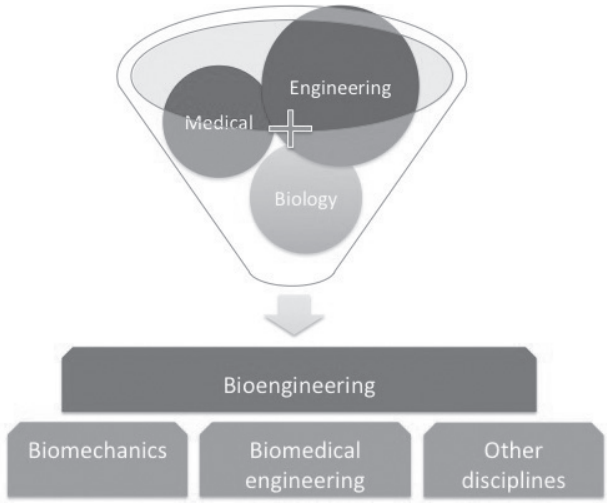

그림 2 의공학 연구분야

최근의 연구추세를 보면 다양한 분자세포 수준의 분석기술 및 유전자 조작기술의 발전과 함께 의학에서는 더 많은 질병에 대한 이해를 할 수 있게 되었고, 이를 대처할 수 있는 예방의학이나 치료방법 등이 빠른 속도로 개발되고 응용되어 급격한 발전을 보이고 있다. 이와 더불어 의과학의 기술과의 협력은 공학자들의 기여를 통해 방사선, 광학, 생화공학방법 등을 동원한 다양한 진단 및 치료기술들이 더 해져 다양한 각도로 발전과 진보를 거듭하여 의학계의 르네상스라고 해도 과언이

* 의공학(Bioengineering) 분야는 생체역학(Biomechanics)과 의용생체공학(Biomedical Engineering) 외에도 생체모방 (Biomimetics), 유전공학(Genetic Engineering), 세포공학(Cellular Engineering) 등 다양한 세부분야로 구분되나 본문에서는 기계공학을 기반으로 하는 의용생체공학과 생체역학을 중심으로 서술하고자 한다.

표 1 미국 기계공학과 내 의공학 관련 교육 커리큘럼의 예

학교	교과과정
MIT	- Organ Transport Systems - Design of Medical Devices and Implants - Cell-Matrix Mechanics - Biomaterials: Tissue Interactions - Neurophysiology - Quantitative Systems Physiology - Fields, Forces and Flows in Biological Systems - Cellular Biophysics - Molecular, Cellular and Tissue Biomechanics - The Cell as a Machine - Thermodynamics of Biomolecular Systems
Stanford	- Form and Function of Animal Skeleton - Medical Device Innovation - Imaging Anatomy - Skeletal Development and Evolution - Biomechanics of Movement - Cardiovascular Biomechanics - Soft Tissue Mechanics - Medical Device Design - Mechanics of the Cell - Molecular Motors - Mechanics of Growth - Biomechanics of Hearing, Speech, and Balance - Biodesign Innovation: Needs Finding and Concept Creation - Biodesign Innovation: Concept Development and Implementation - Introduction to Bioengineering Research - Computational Methods in Cardiovascular Bioengineering - Modeling and Simulation of Human Movements
University of California, Berkeley	- The cell as a machine - Heat and Mass Transport in Biomedical Engineering - Fluid Mechanics of Biological Systems - Advanced Tissue Mechanics - Advanced Structural Aspects of Biomaterials - Mechanobiology of the Cell: Dynamics of the cytoskeleton and Nucleus - Biomimetic Engineering- Engineering from Biology
University of Michigan, Ann Arbor	- Biomechanics for Engineering Students - Tissue Mechanics - Biofluid Mechanics - Automotive Body Structures

아니다. 이미 의학계에서는 물리적 힘의 원리를 이용한 역학적 치료방법(mechanical therapies)의 효용성에 대해 임상치료를 통해 증명한 바 있다. 예를 들면 확장이 가능한 스텐트(stent)로 관상동맥의 협색을 방지하는 시술을 하고, 미숙아의 폐 발달을 돕기 위해 표면장력제어 원리에 기반한 폐표면활성제(pulmonary surfactant)를 사용하고 있으며, 급성 폐 손상 환자의 경우 기계호흡장치의 일회환기량을 조절함으로써 폐의 기능의 회복을 돕고, 다양한 물리적 자극기를 이용한 연골과 뼈, 피부의 재생을 활성화 시키는 등이 그 예이다. 특히 역학적 원리에 기반한 조직의 재생 촉진 및 제어기술의 개발은 치료기기의 개발뿐만 아니라 인공조직 및 장기개발 등에 유용하게 사용될 수 있다. 따라서 의공학에서 다루는 기술과 기계의 개발 및 원리의 이해에는 기계공학 기반의 인재가 매우 중추적인 역할을 할 수 있다.

이렇듯 두 가지 이상의 학문이 접목되는 융합연구를 성공적으로 발전시키기 위해서는 각 전공자의 협업이 매우 중요하다. 기존의 융합연구 접근전략은 각 전공자가 영역내에서 각자 독립적으로 기여하여 결과를 합치는 "독립적인 협업"의 방식이었다. 예를 들어 의사와 기계공학 전공자, 즉서로의 분야에 대한 지식이 없는 각 분야의 두 전문가가 협업을 하는 경우, 사용하는 언어와 생각의 방식이 많이 달라 어려움을 많이 겪게 된다. 이를 감안하여 한층 진보된 접근전략은 두개 이상의 영역을 자유롭게 넘나들며 상승효과를 낼 수 있는 인재를 통한 "조화적인 협업"이라고 할 수 있다. 따라서, "효과적인 질병의 치료와 극복을 통한 인간의 웰빙을 추구" 하는 의공학 융합분야의 연구를 성공적으로 수행할 수 있는 핵심 인재를 양성하기 위해서는, 학부교육에서부터 전통 핵심교과목을 중심으로 한 기계기반 교육을 충실히 이수하는 것을 최우선으로 삼고, 더불어 고학년 과목에서 관련 분야에의 체계적인 노출과 자극이 필수적일 것이다.

선진국에서는 이미 수십 년 동안 생물과 기계공학의 접목을 염두하고 그 접선에서의 교육과정 개발에 많은 노력을 기울여왔다. 표 1에 정리되어 있는 것과 같이 MIT의 경우 분자, 세포, 조직수준의 기초과목들을 기계공학과 학생들에 맞추어 기초지식을 교육하는 수업이 주를 이루는 반면 미시간 주립대학의 경우 전통적인 기계공학을 기반으로 생체역학 관련 과목들이 개설되어 있다. 스탠포드의 경우 단백질구조의 이해부터 의료기기의 개발까지 넓은 영역에서 다양한 연구를 하고 있고 이에 맞춰 학부, 석박사 과정을 통해 체계적이고 폭넓은 바이오기초 및 응용교육이 진행되고 있는데, 주목할 만한 점은 200여 개 이상의 의료장비 및 기기회사가 밀집한 지역적 특성을 고려 학생들의 다양한 진로진출을 돕고자 의료장비의 설계 및 개발에 대한 다채로운 과목들이 개설되어 있다는 것이다. 이렇듯 대학의 교육은 전공분야의 사회적 흐름을 반영하고 지역사회의 관련 분야를 반영하여 상호 발전적으로 운용되어야 하는 것

이 궁극적으로 사회, 산업 발전에 기여하는 핵심 학문으로 자리매김하는 것에 도움이 될 것이다.

한국과학기술원 기계공학과 내 의공학 교육 커리큘럼

앞으로 대학원 진로 및 전공선택을 해야 하는 학부생뿐 아니라, 이미 융합연구에 관심을 갖고 연구를 하는 석박사 학생들을 위해서도 융합분야에 대한 열린 교육이 필요하다. 대학은 좀더 적극적으로 의공학 연구의 산업적, 사회적 수요를 반영하는 테마를 파악하고 이를 반영하는 커리큘럼 개발에 힘쓰는 것이 바람직 할 것으로 보인다. 예를 들면 인공고관절 및 재활치료 관련 의료산업의 수요에 대응하여 학부 과정부터 기초적인 생체에 대한 인식을 심어주고 생체구조의 이해를 돕는 수업의 개설이 매우 중요할 것이다. 또한 치료 및 분석을 목적으로 하는 다양한 의료 기기 개발 기술을 연구하는 학생이나 재활기술, 생체모사기술, 인간-기계 간 인터페이스(Human-Machine Interface) 기술을 연구하는 학생들에게 인체의 생리에 대한 기초 지식을 가르치는 것은 매우 중요하다. 이에 본교의 기계공학과에서는 인체생리학(Human Physiology) 교과서를 기반으로 기계공학과 학생들을 위한 "인체의 구조와 거동(Structure and Function of Human Body)이라는 과목이 개설되었다. 이 수업은 생리학을 세포(Cellular Physiology), 신경(Neural Physiology), 감각(Sensory Physiology), 근골격계 (MusculoskeletalPhysiology), 심 장 혈 관 계 (Cardiovascular Physiology) 생리학 등으로 구분하여 기초적인 지식을 가르치고 각각의 파트에 적합한 공학 및 의공학 분야에의 적용사례를 들어 강의하여 공학과 생명과학이라는 두 학문간 진입장벽을 낮추는 데 크게 기여하고 있다.

또한 예로, 세포역학개론 강의가 있다. 기계기반 기술의 진단, 수술, 치료에의 적용 과정에서 파생되는 여러가지 물리적인 자극원(압축력, 인장력, 열, 전기장, 자

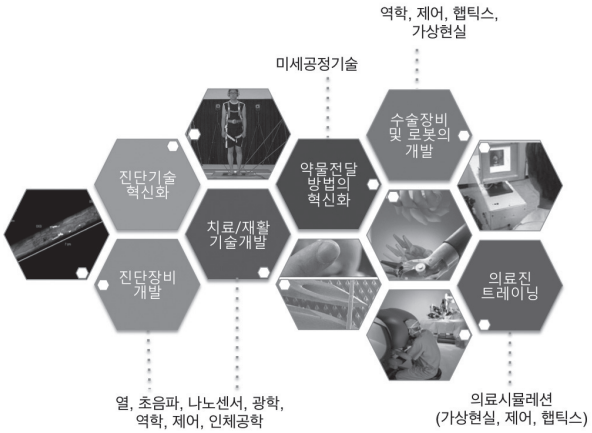

그림 3 기계공학이 의학기술에 기여할 수 있는 분야

기장, 초음파 등)들이 해당 조직 세포의 생장, 사멸, 분화 등에 미치는 영향에 대해 이해하고 가장 인간 친화적인 기술을 개발하기 위해서는 세포 수준의 반응에 대한 이해가 필요하다. 이 강의는 먼저 세포생물학의 기초적인 지식을 소개하고 세포의 물리적 특성(물성치(Cellular Stiffness)과 바닥면과의 견인력(Traction Force)) 등에 대해 다루는 세포역학(Cell Mechanics)과 세포가 처한 여러 물리적 환경에 대한 세포의 반응을 다루는 메케노바이올로지(Cellular Mechanobiology) 분야의 연구를 소개한다. 이 강의에서는 앞서 언급한 두 세부 분야의 최근 연구 동향을 소개하고 이러한 연구들이 실제 질병의 진단 및 치료 그리고 기기개발에의 기반기술로 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 학습을 통해 기계공학도로서 미래에 기여할 수 있는 전혀 다른 새로운 연구분야에 대해 과감히 소개하는 기회가 되고 있다.

이 밖에도 그림 3에 요약된 바와 같이 기계공학 학문은진단기술, 진단장비, 물리치료기술, 약물전달기술, 수술로봇을 비롯하여 의사들을 교육하는 의료시뮬레이션 기술의 개발에 이르기 까지 진료, 치료, 수술에 등 의료의 전 분야에 걸쳐 다양하게 기여할 수 있다. 좀더 효율적이고 합리적인 융합 기술의 개발을 위해서는 단순히 여러 다른 분야의 전문가와 협력을 하는 독립적인 협업

의 수준을 넘어서, 기술의 대상이 되는 생체의 구조와 기능에 대한 충분한 이해가 동반되어야 할 것이다.

끝으로, 융합시대를 맞아 전통 기계 분야의 기본적인 교육 커리큘럼을 기반으로 새로운 분야의 소개와 교육이 유연하고 체계적으로 이루어지는 것이 이 시대에 기계공학을 공학의 기반으로 자리매김하는 선진화가 아닐까 한다. MIT 기계공학과의 생체기반 스마트 액츄에이터 연구를 하는 이안 헌터(Ian Hunter) 교수는 그의 학생들의 교육에 BOMMEC이 필수적이라고 요구한다. BOMMEC은 생물학(Biology), 광학(Optics), 역학(Mechanics), 수학(Mathematics), 전자공학(Electronics), 화학(Chemistry)의 첫 글자만을 따서 만든 약자로 이 중의 세 개 이상의 분야에서의 숙련이 필요함을 강조하며 "문제해결을 찾기 위한 다양한 학문을 두루 접하고 폭넓게 훈련된 르네상스 타입의 인재(Renaissance types who are broadly trained and can march across disciplines to find solutions)"라고 얘기한 바 있다. 다시말해 시대가 요구하는 융합연구자는 관련 연구 분야의 지식을 골고루 갖춘 인재라고 할 수 있다. 이러한 인재를 양성하기 위해서는 교육과정이 과감하게 진보해야 하며 좀더 폭넓고도 깊이 있는 교육 커리큘럼의 확장이 융통성있게 적용되어야 할 것이다.

기계용어해설

리튬이온 전지(Lithium-ion Battery)
이차 전지의 일종으로서, 방전 과정에서 리튬 이온이 음극에서 양극으로 이동하는 전지이다. 충전 시에는 리튬 이온이 양극에서 음극으로 다시 이동하여 제자리를 찾게 된다.

SHPB(Split Hopkinson Pressure Bar)
Kolsky에 의해 제안된 시험법이며, 고속변형시 재료의 기계적 특성을 안정된 방법으로 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다.

가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear)
안정적인 전력공급을 위한 전력계통 설비로, 송정 시 변압기 선후에 위치하여 이상전류를 차단하고 전력을 분배하는 역할을 함.

고무(Rubber)
상온에서 고무상(狀) 탄성을 나타내는 사슬 모양의 고분자물질이나 그 원료가 되는 고분자물질을 가리킨다. 크게 천연고무와 합성고무가 있다.

복합열전달해석(Conjugate Heat Transfer Analysis)
고체영역 내의 열전도와 인접한 유체영역의 대류 열전달이 동시에 수반되는 열전달 해석방법

내진성능(Seismic Qualification)
지진 하중 하에서 구조물의 운전 능력 및 구조적 안전성을 포괄하며, 해석법과 시험법으로 검증할 수 있다.

냉각수유동(Coolant Flow)
엔진을 냉각시키기 위한 냉각수의 유동

단일벽 탄소나노혼(Single Wall Carbon Nanohorn)
단일벽 탄소나노혼은 가운데 core에 한쪽 tip을 두고 단일벽 탄소나노튜브가 사방으로 뻗어있어 전체적으로 rough한 구형을 띠고 있다. 한개의 단일벽 나노튜브는 2-5nm 정도의 직경과 30-50nm정도의 길이를 가지고 있으며, aggregate된 입자간에 낮은 Van der Waals 힘에 의해 유체 속에서 높은 분산안정성을 가지고 있다.

일차수 응력부식균열(PWSCC)
원자력 배관 1차계통 냉각수와 접촉하는 구조물에서 인장응력, 원자로 1차계통 냉각수, 재료의 민감성으로 인해 발생하는 응력부식균열

마찰(Friction)
한 물체가 다른 물체와 접촉한 상태에서 움직이기 시작할 때 또는 움직이고 있을 때 그 접촉면에서 운동을 저지하려고 하는 현상