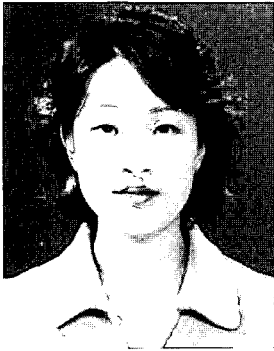


해외기관소개



Johns Hopkins University의 Biomedical Engineering



한국표준과학연구원
김은정 박사

Johns Hopkins 대학에는 모두가 잘 알고 있듯이 세계적으로 유명한 의과대학과 병원이 있다. Johns Hopkins 의대는 미국의 의대 중 하버드 의대 다음으로 우수한 의과대학으로 인정을 받고 있고, 또 Johns Hopkins 대학병원은 미국의 병원 중 가장 우수한 병원으로 US News & World Report에 의해 선정된 바 있다. 필자도 처음에는 단지 Johns Hopkins 대학에는 의과대학과 병원만 있으리라고 생각 했었다. 그러나, 볼티모어 다운타운에 위치한 Johns Hopkins 의과대학 및 병원 시설과 더불어 볼티모어 다운타운에서 20~30분 떨어져 있는 Homewood Campus에 문리대와 공과대학이 있다. 또 의과대학내에 있는 School of Nursing과 School of Public Health의 명성도 높은 것으로 알려져 있다. 또 하나 여기와서 안 사실은 음악 전문학교로 유명한 피바디 음악학교(The Peabody Institute)가 1977년에 Johns Hopkins 대학에 합쳐졌다는 것이고 Johns Hopkins 학생들 중 음악을 전공하고 싶어하는 학생 또는 음악과목을 택하는 학생 그리고 개인적으로 음악 레슨을 받고 싶어하는 학생들은 이 피바디 음악학교를 이용할 수 있다고 한다.

퀘이커 교도였던 Johns Hopkins의 유지에 따라 1876년 볼티모어에 병원과 대학이 설립되었고, 초대 총장이었던 다니엘 C. 길만 총장과 교수들이 연구와 실험, 그리고 대학원 과정을 강조하는 미국 최초의 연구중심 대학으로 창설되었다고 한다. 필자는 서울대학교 생물화학공학으로 박사 과정을 마친 후, Johns Hopkins의 Biomedical Engineering의 박사 후 연구원으로 가게 되었다. 처음에는 Johns Hopkins라는 명성에 걸맞는 대단히 큰 규모의 대학교를 기대하였으나, 실제로는 College의 분위기가 느껴질 정도로 아담한 캠퍼스였다. 크지 않은 규모와 대학원생을 합쳐

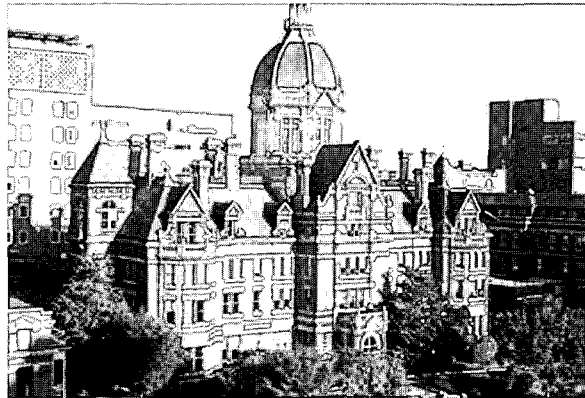
서 5천 여명 정도의 적은 학생수로 어떻게 그러한 명성을 지켜나갈 수 있는지 궁금하기까지 하였다. 붉은 벽돌로 고풍스럽게 지어진 건물 하나하나 풀 한포기, 나무 한그루 그리고 보도블럭 하나하나에 정성이 담긴 캠퍼스에서 모든 Hopkins인들의 자부심과 긍지를 느낄 수 있었다.

특히, US News & World Report에 의해서 미국 Biomedical Engineering분야의 10대 대학원 중에서 몇 년 동안 당당히 1위 자리를 차지하고 있는 필자가 소속되어있던 Biomedical Engineering은 1970년에 의과대학(School of Medicine)의 한 학과로 시작되었으나, 현재에는 의과대학(School of Medicine)의 학과와 더불어 공과대학(Whiting School of Engineering)의 프로그램으로 운영되고 있다.

따라서 현재 50명(23명의 primary faculty를 포함)이 넘는 교수진들과 500여명의 학부생들 석사과정, 박사과정, 그리고 의학복합학위과정(MD/PhD)을 합친 130여명의 대학원생들로 구성되어 있다. 다학제적(inter-disciplinary)이고 학과의 벽을 초월하는 공동연구를 표방하는 Biomedical Engineering과의 성격에 맞게 대부분의 교수진들은 Mechanical Engineering, Computer Science, Material Science 그리고 의과대학의 Neuroscience를 비롯한 각 학과 등의 2개 이상에 속해 있는 경우가 대부분이다. 이는 각 학생들의 흥미와 관심 그리고 능력에 맞게 연구실을 선택할 수 있는 다양성의 욕구를 충족할 수 있게 한다. 또한 Biomedical Engineering의 이러한 성격을 실현하도록 여러 센터를 운영하고 있는데, Center for Hearing and Balance (with the Departments of Neuroscience and Otolaryngology-Head and Neck Surgery), Center for Biomedical Visualization (with the Departments of Radiology,

Computer Science, and Biophysics), Center for Imaging Science (with the Department of Electrical and Computer Engineering at Johns Hopkins and other departments at Washington University, Harvard University, MIT Lincoln Laboratory, University of Texas at Austin, Brown University, and Yale University), Center for Computational Medicine and Biology 등이 그것들이다.

대학원생들은 의과대학뿐 아니라 공과대학, 이과대학의 어떤 학과로도 수업을 선택하여 들을 수 있도록 하고 있으며 연구실 선택도 상당히 자유롭게 이루어진다.



다. 의과대학의 연구실로 선택하게 되면 Homewood campus가 아닌 병원시설과 함께 있는 다운타운의 의과대학에서 주로 생활하게 되고, Homewood campus에서는 Clark Hall이 Biomedical Engineering의 학과 건물이다. 필자는 이 Clark Hall 1층의 Cell Engineering 연구실 Yarema 박사님에

게서 post-doc을 수행하였고 최신시설의 Clark Hall에서 편리하고 여유 있게 연구에 임할 수 있었으며, 아담하고 예쁜 Homewood campus 생활을 맘껏 누릴 수 있어 더할 나위 없이 낭만적인 학교 생활을 할 수 있었다.

Biomedical Engineering과에서의 연구는 다음과 같이 6가지 정도로 크게 구분할 수 있다. 첫째, 현재 Biomedical Engineering 분야에서 주목 받으며 무섭게 성장하고 있는 세포조직공학(Cell and Tissue Engineering)으로 뼈, 연골, 간, 이자, 피부, 그리고 혈관 등의 인공장기를 만들어 인체에 이식할 수 있게 하는 것으로 온 인류의 건강을 유지 향상 복원할 수 있도록 하는 연구이다. 다음은 심혈관 시스템(Cardiovascular Systems)의 연구이다. 미국내의 사망률 1위의 원인이며 많은 사람들의 심각한 건강상의

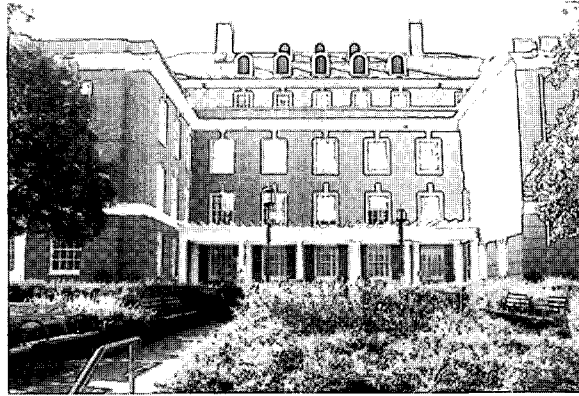
문제로 대두되고 있는 것이 심혈관 질환이다. 이와 같은 요구에 부응하기 위해서 심혈관 질환을 예측, 진단, 치료, 그리고 예방한다는 다양한 목적을 위해 physiology, biophysics, biomechanics, mathematics, 그리고 computer modeling 분야를 총망라한 공동연구로 진행되고 있다. 그 다음으로는 생명 현상을 일으키는 생물분자물질(biomolecules)을 생체 내에서 또는 세포 내에서 가시화하고, 정량적으로 분석하는 정보기술과 분석 시스템의 개발을 연구하는 생물의료영상학(Biomedical Imaging Science) 분야가 있다. 현장에서 얻어진 수많은 영상 실험 데이터를 초고속으로 해석하고, 체계적으로 저장 관리하며 손쉽게 정보를 검색할 수 있도록 하는 기술들이 현재 연구 중이다. 또한, 주로 Clark Hall내의 연구실을 가지고 있는 교수들에 의해서 연구되고 있는 유전학적, 생화학적 정보를 바탕으로 기초과학과 의학 현상을 해석하기 위해 컴퓨터 시스템과 프로그램을 연구, 개발, 그리고 응용하는 생물정보학 Computational Biology and Bioinformatics) 분야도 있다. 그리고 신경계, 특히 두뇌가 다양하게 반응하여 자극을 감지하고 인식하며 작용하는 방법 등을 이해하는 Systems Neuroscience 분야가 있다. 또, neuroscience의 전반에 걸친 궁금증을 풀기 위해서 engineering, computational, mathematical의 다각적인 접근방법을 시도하는 Neuro-engineering 분야가 있는데, 이는 결국 신경계와 뇌손상의 병리학적 문제를 해결할 목적으로 Neurology, Neurosurgery, 그리고 Psychiatry과에서 공동으로

연구하고 있는 분야이기도 하다. 마지막으로 생명현상을 이해하기 위한 가장 기본적인 질문들을 해결해나가는 분야인 Molecular and Cellular Engineering Physiology 연구가 있다. 개체를 구성하는 세포나 분자들이 서로 어떻게 상호관련 되어 있는지 서로 어떻게 영향을 미치는지 관한 연구로서 실질적인 실험결과와 더불어 공학이나 수학적인 지식을 접목시켜 이론을 확립해 나가는 주요 연구 분야라고 할 수 있다.

필자가 일했던 Cell Engineering 연구실과 Clark Hall에 있는 몇 연구실을 구체적으로 소개하고자 한다. 먼저, 우리 연구실과 같은 층에 위치하며 여러 실험 facility를 공유했던 Ellisseff 교수의 Tissue Engineering Lab이다. Tissue Engineering의 세가지 요소인 cell source, scaffold, biomolecules (gene or proteins including growth factors)가 biologists, polymer chemists, surgeon에 의해서 한 연구실 안에서 체계적으로 긴밀히 협력하는 최고의 팀워크를 자랑하는 Lab이다. 최근에는 cell source로 embryonic stem cells을 사용하는 연구를 활발히 하고 있으며 또한 scaffold로 사용되는 polymer의 bioresponsive, biocompatible, biodegradable면이 보강된 새로운 biomaterials을 개발하는 연구를 Biomedical engineering과의 다른 교수인 Leong교수와 Material sciences과의 Yu교수와 함께 한창 진행하고 있다. 필자가 몸담았던 Cell Engineering Lab은 고등동물세포 표면에 존재하는 Sialic acid를 유전자조작이나 생화학적 조작 없이 변화시켜서 세포의 새



로운 물리화학적 성질을 부여하는 Cell surface Sialic acid Engineering의 연구를 하는 Lab이다. 즉 Sialic acid가 되는 substrate인 N-acetylmannosamine (ManNAc)의 구조를 N-acyl 치환과 hydroxyl 치환을 통해서 변형시킨 수종의 substrate를 통해서 세포 표면의 Sialic acid를 변화시키는 Substrate-based Sialic acid Engineering이다. 본 연구실에서는 다양한 종류의 substrate를 새로 합성하고 세포에 적용시킴으로써, 변화된 세포 표면의 물리화학적 성질로 야기되는 여러 생명현상의 변화를 해석하는 연



구와 구조적으로 변형된 Sialic acid가 표면에 발현된 세포를 이용한 tissue engineering 연구, 약물전달시스템의 개발, 암전이 기작을 이해하고 치료의 방향을 제시하는 연구, 외부 자극과의 반응의 변화로 생기는 발생이나 분화 등을 주요 연구분야로 하고 있다. 새로 시작하는 연구가 많은 실험실이었기 때문에 그에 따른 다양한 기회가 있었고, 연구하는 학생들과 post-doc들의 아이디어와 뜻을 전폭적으로 지지해주는 Yarema 교수님 덕분에 많은 경험을 해 볼 수 있었다. 그리고 마지막으로 Clark Hall 2층에 자리잡은 Levchenko 교수의 연구실이다. Signal transduction, cell-cell interaction의 생명현상을 실제 실험결과를 바탕으로, computational model을 세우고 결과를 예측하는 연구를 주로 하는 연구실이다. 대표적인 몇 가지 토픽으로는 NF-kappa B pathway에 의해 유도되는 apoptosis가 어떻게 조절되는지의 modeling 연구, tumor cell간의 interaction을 통해서 tumor 성장의 dynamic과 형태를 관찰함으로써 tumor의 진단과 치료의 방법을 제시하겠다는 연구, 그리고 yeast나 bacteria와 같은 미생물들이 어떻게 성장하는지, 외부 환경에 대해서 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구를 하고 있으며, 특히 최근에는 이러한 modeling을 위한 실

험방법으로써 microfluidic device를 고안하는 등의 연구를 하고 있다.

Johns Hopkins가 있는 볼티모어는 메릴랜드주의 중북부에 있는 가장 큰 공업도시이다. 19세기 영미전쟁의 역사적인 사적들과 건물이 많이 남겨져 보존이 되고 있는 역사가 오랜 도시이다. 특히 대서양이 도시 안에 까지 들어오는 Inner harbor는 볼티모어에서 큰 호텔과 다양한 쇼핑센터가 있어 볼거리가 풍부하다. 미국 내에서 범죄율이 높아 위험한 도시라는 오명만 없다면 볼티모어는 미국의 역사와 문화, 도시의 화려함

과 다양성 등을 만끽할 수 있는 활력적이고 매력적인 도시임이 틀림이 없다. 또한 워싱턴 디씨와 40km 남짓 떨어져있어 디씨(얼마나 많은 볼거리를 제공하는지 필자도 몇 번 갔었지만 수많은 박물관이며 기념관을 다 둘러보진 못했다)에서 일어나는 문화행사를 비롯한 각종 행사에 안빠질 수 있다는 점, 필라델피아까지 2시간, 뉴욕까지 3시간 남짓으로 여행하기엔 더없이 좋은 지리적 위치를 차지하고 있다는 점-덕분에 여가 시간을 주위의 도시로 가볍게 여행을 많이 할 수 있었던 것 같다- 등이 장점 이랄까? 짧은 기간이었지만 Johns Hopkins에서 만났던 학문적인 열정이 넘치는 학생들과 교수님들 그리고 볼티모어에서의 다양한 경험들이 지금 현재를 살아가는 하나의 원동력이 되는 것 같다. 볼티모어에는 엘리트시티(Ellicott city)내의 한인타운이 형성될 정도로 많은 한인들이 살고 있다. 볼티모어 곳곳에 존재하는 한인성당이나 교회, 한인 식료품점들, 여러 업종의 한인가게들이 많이 있어서 미국에 처음 가서 겪어야 할 문화적 낯설음은 덜했던 것 같고 열심히 생활하고 서로 아껴주는 좋은 한인 분들을 많이 만날 수 있어서 인지 나의 볼티모어 정착은 순조로웠고 그때의 그 인연에 이 자리를 빌어서 큰 감사의 마음을 전한다. ☺