

새로운 학부 의공학 교육과정의 일환으로 의공학 실험과목의 제안

박현진¹ · 지영준² · 서종범³

¹가천의과대학교 의공학과, ²울산대학교 공과대학 전기공학부, ³연세대학교 의공학부

A proposal for Biomedical Engineering Laboratory Class as a Part of a Novel Curriculum for Biomedical Engineering Education

Hyunjin Park¹, Youngjoon Chee² and Jongbum Seo³

¹Dept of Biomedical Engineering, Gachon Univ of Medicine and Science, Korea

²School of Electrical Engineering University of Ulsan, Ulsan, Korea

³Dept of Biomedical Engineering, Yonsei University, Korea

(Received April 20, 2011. Accepted July 22, 2011)

Abstract: Laboratory class is an integral part of biomedical engineering education. Current biomedical engineering curriculum in Korea mostly includes mandatory laboratory classes. Most of the Korean biomedical laboratory classes focus on electrical engineering aspects, while molecular/biological engineering aspects are neglected. Many leading universities in U. S. A. offer a more balanced laboratory class where both electrical engineering aspects and molecular/biological engineering aspects are considered. As a part of an effort to enhance undergraduate biomedical engineering education, a new biomedical engineering laboratory class is proposed to offer a more balanced laboratory learning experience.

Key words: biomedical engineering education, biomedical engineering laboratory class, enhanced curriculum

I. 서 론

1. 의공학 교육 전반

의공학은 의학적 문제에 대하여 공학적인 방법론을 적용하는 학문이다[1,2]. 의공학은 그 출발이 기본적으로 다학제적이며 융합을 추구한다. 전 세계적으로 과학연구의 흐름은 기존의 동종 지식을 가진 전문가들이 문제에 접근하는 것으로부터 탈피하여 여러 분야의 전문가가 다학제적 팀을 구성하여 지식의 융합을 이용하여 문제를 효과적으로 풀어내려는 쪽으로 변하고 있다. 이러한 변화의 일환으로 의료관련 난제를 풀기 위하여 전세계적으로 의공학과가 최근 30여 년간

활발히 생겨났다[3].

보통 의공학 교육과정은 전통적인 공학교과(전기공학, 전자공학, 기계공학, 재료공학, 화학공학)에 추가적으로 해부학/생리학과 같은 기초 의학과목 혹은 생물학 관련 과목을 첨가하는 형태로 운영된다. 국내 의공학 교육과정에서는 이들 과목들을 의공학적인 성격에 맞추어 변경하여 제공한다기 보다는 이들 과목들을 원래 학과에서 제공되는 형태 그대로를 가져와서 학생들을 교육시키고 있다[4]. 이에 국내 의공학과 교수진들이 의공학과 특성을 반영하여 교육과정을 개선시키려고 노력하였고, 대한의용생체공학회는 2009년에 한국연구재단이 지원하는 “대학교육과정개선지원사업”에 “수요자 중심의 지식융합형 의공학 교육과정 체제개선” 라는 과제를 제안하여서 선정되었다[5]. 선정된 과제의 주된 내용은 새로운 의공학 교육과정을 만드는 것이며 그 교육과정 개발의 일환으로 새로운 과목을 개발하는 내용이 포함되었다. 과제의 1차년도 (2009년 7월 - 2010년 6월) 수행 중에 교육과정개발팀이 결성되었고 4개의 과목을 새로 개발하기로 하였다.

Corresponding Author : 서종범
연세대학교 의공학부
TEL: +82-33-760-2478 / FAX: +82-33-765-5483
E-mail: jongbums@yonsei.ac.kr

본 연구는 한국연구재단에서 지원하는 대학교육과정개발연구사업 “수요자중심의 지식융합형 의공학 교육과정 체제 개선”, KRF-2009-076-D00030의 지원으로 수행되었음.

본 논문의 내용은 새로 개발될 4개의 과목 중 하나로 의공학 실험 과목에 대한 것이다.

2. 국내 의공학과 교과과정의 전반적 현황

공학인증(ABEEK)의 기준으로 국내 의공학 교육과정을 분석해 보면 다음과 같은 3가지 범주로 구분이 되는 것을 볼 수 있다[4,6]. 세 가지 범주는 MSC(math, science & computing, 기초과목), BME core(의공학 전공 기초), BME specialty(의공학 전공 심화)이며 각각의 개략적인 내용은 다음과 같다

- MSC(math, science & computing) : 수학, 물리, 화학, 생물, 프로그래밍, 의공학입문, 공학설계입문 관련 과목 : 1,2학년 대상
- BME core : 전기전자공학, 기계공학, 재료공학, 기초 의학(해부/생리) 관련 과목 : 2,3학년대상
- BME specialty: 의료영상, 재활공학, 조직공학등 의공학 세부 응용 분야관련 과목 : 3,4학년대상

MSC 과목은 거의 모든 대학에서 제공하고 있으며 대학 간 차이가 거의 없다. BME core 과목은 국내 의공학과 의 교수진의 특성상 대부분 전기/전자공학의 내용을 포함하고 있으며 다른 공학 분야도 학과의 형편에 따라 제공하고 있다. BME specialty 관련 과목의 경우는 학과의 상황에 따라서 매우 상이하게 운영되거나 기본적으로 현재의 의공학 교육과정은 한 분야를 정해 놓고 깊이 파고들지 않고 여러 가지 공학/의학 분야를 백화점 식으로 나열하는 경우가 많다.

3. 의공학 실험관련 국내 교과과정 현황

공학 교육과정중 실험과목은 학생들이 직접 경험을 통하여 지식을 습득한다는 점에서 그 교육 효과가 검증되었다 [7,8]. 거의 대부분의 공학계열 학과에서 실험과목을 필수적으로 운영하고 있다. 국내 의공학과 의 교육과정 역시 필수적으로 실험과목을 포함하고 있다. 국내 학부 의공학 실험에 관련된 과목은 통상 다음 표 1과 같다. 각 대학에서는 물리, 화학, 생물 등의 기초과학 실험과 함께 전공 관련 실험과목을

운영하고 있다.

의공학 전공 실험 교육의 분야를 편의상 다음의 3가지 분류를 적용하여 구분한다. 본 논문에서는 전기/전자 분야, 역학/재료 분야, 조직/세포 분야를 고려한다. 통상 2, 3개의 필수 실험과목을 운영하고 졸업 프로젝트 과목을 운영한다. 졸업 프로젝트의 경우는 통상 설계과목으로 운영된다[9]. 경우에 따라서는 독립된 실험 과목 없이 관련 교과목의 이론 부분을 학생들이 배울 때 추가적으로 실험관련 시간을 할당하기도 한다.

대한의용생체공학회 홈페이지에 등록된 23개 4년제 대학 의공학과들의 실험과목 개설 현황은 다음 표 2과 같다. 기초과학 관련 실험과목 (23개교 전부 다 운영), 전기/전자계열 실험과목 (19개교 운영), 졸업 프로젝트 (15개교 운영) 과목 정도만이 공통적으로 높은 빈도 수로 개설되는 과목이다. 기초과학 관련 실험과목은 1학년 교과과정의 주요 부분으로써 이 과목에서 본격적인 공학교육에 앞서 기초과학관련 교육이 이루어 진다. 전공 관련 실험과목은 주요 3가지 영역(전기/전자, 재료/역학, 조직/세포)중 전기/전자 분야에 집중되어 개설됨을 볼 수 있다[10]. 소수의 의공학과는 학과의 출발이 기계공학을 근거로 하기에 전기/전자 계열 대신 재료/역학 계열의 실험을 강조하기도 한다. 4개의 학과는 특정 공학분야에 귀속되지 않는 (일반) 의공학 실험 교과목을 운영하고 있다. 4개의 학과가 운영하는 의공학 실험 과목의 내용은 전기/전자 계열의 내용 외에도 다른 의공학 실험 교육의 내용을 포함하고 있다. 다만 (일반) 의공학 실험과목을 운영 해본 기간이 짧아서 그 과목의 내용의 체계화되지 않았다고 볼 수 있다. 본 논문에는 의공학 실험 교육의 3가지 분야를 모두 다 포함하는 (일반) 의공학 실험 과목의 내용을 새롭게 제안 하고자 한다.

II. 방 법

1. 새로운 의공학 실험과목의 필요성

최근의 의공학 연구 분야는 전기/전자 시스템 등의 의료가 기 이외에도 조직공학, 세포역학 등으로 확장되고 있다. 의

표 1. 국내 의공학 교육과정중 실험관련 과목

Table 1. Laboratory courses in the curriculum of Korean biomedical engineering departments

학년	과목 및 내용
1학년	기초과학 실험과목: 일반생물 및 실험, 일반물리 및 실험, 일반화학 및 실험. 전기/전자 관련 실험과목: 회로이론 및 실험, 전자 회로 및 실험, 디지털 시스템 및 실험, 생체계측 및 실험 등.
2-3학년	역학/재료 관련 실험과목: 생체역학 및 실험, 생체재료 및 실험 등 조직/세포 관련 실험과목: 조직공학 및 실험 등 (전반적) 의공학 실험 과목: 의공학 전반에 관한 실험
4학년	졸업 프로젝트: 졸업작품

표 2. 국내 의공학 실험관련 과목 개설 현황

Table 2. Laboratory related courses offered in Korean biomedical engineering departments

과목명	개설학교 수 (총23개중)	개설시기 (단위: 1-8학기) 중간값 (표준편차)
기초과학 실험	23	1 (0)
전기/전자 계열 실험	19	3 (0.5)
역학/재료 계열 실험	4	5 (0.8)
조직/세포 계열 실험	0	자료없음
(일반)의공학 실험	4	5 (1)
졸업 프로젝트	15	8 (0.5)

표 3. 의공학 분야와 전기전자실험과의 연관성

Table 3. Various fields of biomedical engineering and their relatedness with electric/electronic laboratory class

분야	내용	전기전자실험과 연관성
의료영상	생체의 작용을 시각화	높음
생체역학	역학을 생체에 적용	중간
생체계측	생체 신호의 계측	높음
생체재료	생체에 적용 가능한 재료	낮음
재활공학	신체 장애를 극복하는 공학	중간
세포역학	세포 구성요소간의 상호작용 연구	낮음
신경공학	신경시스템의 이해에 관한 공학	중간
조직공학	인공장기/조직에 관한 공학	낮음

공학 분야는 매우 다양하며 다음과 같은 분야를 포함한다. 다음 표 3의 내용은 의공학의 모든 분야를 망라하지 않으며 단지 예시일 뿐이다[11].

표 3의 내용을 요약하면 의공학의 분야는 매우 다양하며 그 중 일부분만이 전기/전자 실험과 연관이 깊다는 것이다. 생체역학, 생체재료, 조직공학 등을 효과적으로 연구하려면 필수적으로 역학/재료공학 관련 실험과 기초생물학에 관련된 실험이 필요하다. 그러나 전 절에서 보여준 것과 같이 우리나라 의공학 교육과정에서는 전기/전자 관련 실험에 더 치중하고 상대적으로 역학/재료 및 생물관련 기초 실험에 비중을 덜 둔다.

대표적인 선진국인 미국의 의공학과들은 이러한 의공학 연구의 변화 추세를 적극적으로 반영하여 실험과목을 운영하고 있다. U.S. News 기준 미국의 상위 10개의 의공학과들에서 생화학, 조직공학, 혹은 분자생물학에 관련된 주제를 중심으로 실험과목을 운영하는 경우가 60% 이상을 차지하고 있다 [12]. 아래 표 4는 미국 주요 대학 의공학과 개설된 실험과목의 내용이다.

따라서 본 논문에서는 세계적 추세에 부합하며 전기/전자

표 4. 미국 주요 의공학에서의 실험과목 내용

Table 4. Laboratory related courses offered in the major U.S. biomedical engineering departments

대학명	전기/전자 실험	역학/재료 실험	조직/세포 실험
Johns Hopkins University (MD)	×	×	○
Massachusetts Institute of Technology	×	×	○
University of California-San Diego	×	×	○
Duke University (NC)	○	×	○
University of Washington	○	×	×
Case Western Reserve University (OH)	×	○	○
Georgia Institute of Technology	×	×	○
University of Michigan-Ann, Arbor	○	○	○
University of Pennsylvania	×	×	○
Rice University	○	×	○

관련 실험뿐만 아니라 역학/재료 분야 및 조직/세포분야를 포함한 새로운 의공학 실험 과목을 제안하고자 한다.

III. 결 과

1. 새로운 과목의 주차별 수업계획

의공학의 연구 추세에 맞추어 의공학의 여러 분야(전기/전자, 재료/역학 및 조직/세포 분야)가 함께 포함된 새로운 의공학 실험과목의 주차별 수업 내용은 표 5과 같다. 이 새로운 실험과목에서는 각 분야의 핵심 기초 실험을 제공하는 것파 세 분야의 실험 기간을 균등하게 4-5 주로 분포시키는 것에 중점을 두었다.

표 5. 16주로 구성된 실험 교육 내용

Table 5. Course syllabus for the newly proposed course in 16 weeks

주차	내용
1주	과목 소개
2-6주	전기/전자 계열 Electrode, OP Amp, Instrumentation
7주	중간고사
8-11주	재료/역학 계열 조직의 기계적 특성 비교, 뼈의 탄성도
12-15주	세포/조직 계열 세포 배양, 유착, 분열
16주	기말고사

2. 실험과목의 내용 - 전기/전자 분야

전기/전자 계열의 실험과목의 내용 중에서 기본이 되고 또 생체신호의 계측이라 의공학의 중요분야와의 연관을 고려하여 전극(electrode), op amp, 계측 (instrumentation)의 내용을 채택하였다. 각 학과의 형편에 따라 전기/전자 분야를 강화하고자 한다면 본 실험 과목에 DC power supply, 마이크로 프로세싱 및 로직 디자인과 같은 내용을 추가할 수도 있다. 추가적으로 들어갈 전기/전자 관련 실험내용은 기존의 전기/전자공학 계열의 풍부한 내용에서 적절하게 선택하여 사용하면 된다. 국내 의공학과 대부분은 전기/전자 계열의 실험을 충분히 수행할 수 있는 실습실과 기자재를 갖추고 있으므로 이 새로운 실험과목의 이 부분을 수행하는 것에 큰 어려움은 없을 것으로 예상된다. 다음은 전기/전자 분야의 실험의 내용의 예시이다. 이 예시는 가능한 여러 실험 내용의 하나이며 교육자는 처한 상황에 따라 실험 내용을 다른 내용으로 편성할 수 있다[13].

- 제목 : op amp를 이용한 계측 증폭기(instrumental amplifier)
- 의의 : 생체계측 증폭기에 널리 사용되는 계측 증폭기를 기본적인 op amp로 이용하여 구현해 본다.
- 주요 개념 : 계측 증폭기에 중요한 CMRR의 개념에 대하여 학습하고 이를 직접 구현해 본다. 이론적인 CMRR 값과 실측된 CMRR을 비교해 본다.
- 실습실 설비 : 기존의 전기/전자 실험 실습실 설비 이용
- 부속 및 재료 리스트 : 빵판, 오실로스코프, 멀티미터, 신호발생기, 저항다수, op amp (AD620) 등
- 절차:
 - 1단계 : 다음의 사양을 가지는 차동 증폭기를 op-amp 하나를 사용하여 설계한다.
Differential gain = 20

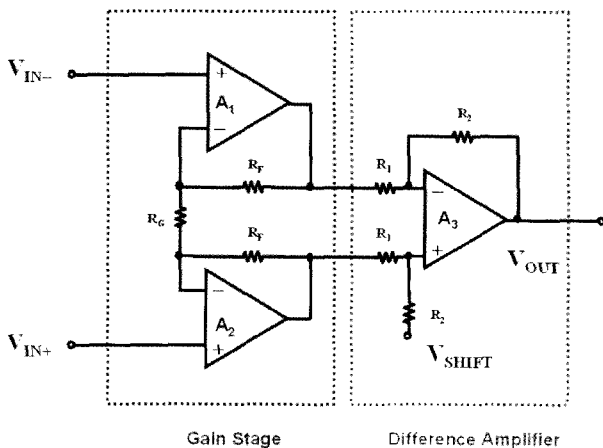


그림 1. 3개의 op amp를 이용한 계측 증폭기의 회로의 예
Fig. 1. Example of instrumental amplifier circuit using 3 op-amps

Common mode gain 되도록 작게
CMRR > 60 dB

- 2단계 : gain 50이며 op amp를 2개 사용한 계측 증폭기의 입력단을 설계한다.
- 3단계 : 1단계와 2단계의 설계를 결합하여 계측 증폭기를 설계한다.

3. 실험과목의 내용 - 재료/역학 분야

재료/역학 계열의 실험과목의 내용 중에서 기본이 되고 실험 기자재 준비의 용이성을 고려하여 내용을 선정하였다. 첫 번째 내용은 다양한 생체조직의 기계적 특성을 측정하는 실험이다. 두 번째 내용은 가금류 뼈의 탄성도를 측정하고 비교하는 실험이다. 이 내용을 제안한 주된 이유 중 하나는 상대적으로 실험재료의 준비가 다른 재료/역학 관련 실험에 비하여 용이하기 때문이다. 기존의 국내 의공학과와 실습실이 전기/전자 관련 실험만을 다룰 수 있게 되어있어서 새로운 양식의 실험을 준비하기가 어려운 실정이다. 따라서, 재료준비의 용이성은 현실적으로 큰 의미를 지닌다. 기존의 전기/전자 계열의 실습실에서 이러한 내용으로 실험의 진행이 어려우면 같은 대학 내 재료공학과 기계공학과와 도움을 받아서 실험 내용을 진행할 수 있을 것이다. 각 학과의 형편에 따라 재료/역학 분야를 강화하고자 한다면 과목에서는 유체 역학 및 bio/micro-fluid와 같은 내용을 추가 할 수도 있다. 다음은 재료/역학 분야의 실험의 내용의 예시이다. 이 예시는 가능한 여러 실험 내용의 하나이며 교육자는 처한 상황에 따라 실험 내용을 다른 내용으로 편성할 수 있다.

- 제목 : 닭 뼈의 외부 힘에 대한 재료의 특성 측정.
- 의의 : 닭 뼈에 외부 힘에 대한 반응을 관찰하고 이를 토대로 재료의 특성인 elastic modulus를 구해본다.
- 주요 개념:
 - Stiffness : 주어진 변위에 대하여 발생하는 힘.
 - Yield force : 뼈에 비가역의 변화가 생기는 시점의 힘.
 - Break force : 뼈가 부러지는 변화가 생기는 시점의 힘.
 - Elastic modulus : stress와 strain의 비율. 재료의 특성을 반영.
- 실습실 설비 : 급수/배수 시설이 갖추어진 실습실. 통상 일반 생물/화학 실험 과목을 수행하는 실습실이면 충분함.
- 부속 및 재료 리스트:
 - 닭 뼈 (다양한 크기로 3개 이상), 메스, 도마, 캘리퍼, 식염수, 탄성 특성장치(Instron 4444[14] 혹은 유사기계), 고무장갑, 휴지, 클램프
- 절차:
 - 1단계 : 닭 뼈에서 연조직 제거 (메스 사용)
 - 2단계 : 닭 뼈의 크기 측정 (캘리퍼)
 - 3단계 : 탄성측정 장치 보정

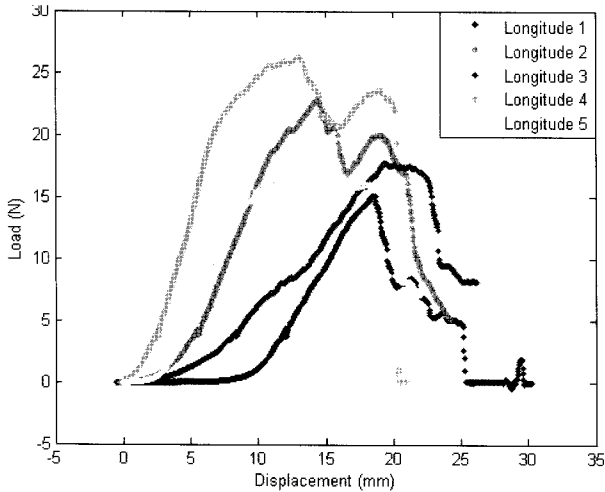


그림 2. 변위에 따른 힘의 측정. 5개의 닭 뼈에 대하여 수행함 (예제).
Fig. 2. Measurement of force with respect to displacement.
Total of five chicken bones are used in this example

- 4단계 : 탄성측정 장치에 뼈 고정 후 100 mm/분의 힘을 가하고 뼈가 부러질 때까지 측정 (그림 2 참고)
- 5단계 : 힘 vs. 변위의 그래프를 그리고 그로부터 Stress vs. strain 그래프와 elastic modulus를 구함

4. 실험과목의 내용 - 세포/조직 분야

세포/조직 계열의 실험과목의 내용 중에서 가장 기본이 되는 세포 배양, 유착, 분열 실험을 제안한다. 세포 배양의 경우는 널리 쓰이는 포유류 계열 세포가 다양한 외부 요인에 변화에 대응하여 어떻게 세포 배양의 속도가 변화하는 지를 보는 것을 제안한다. 세포 유착 실험의 경우는 flow regimes에 따른 포유류 세포의 유착의 정도를 측정하는 것을 제안한다. 각 학과의 형편에 따라 세포/조직 분야를 강화하고자 한다면 과목에서는 Polymerase chain reaction (PCR)과 같은 내용을 추가 할 수도 있다. 다음은 세포/조직 분야의 실험의 내용의 예시이다. 이 예시는 가능한 여러 실험 내용의 하나이며 교육자는 처한 상황에 따라 실험 내용을 다른 내용으로 편성할 수 있다.

- 제목 : 세포 배양 실험
- 의의 : 세포 배양의 기초 개념에 대하여 학습하고 이를 3T3-L1 cell line을 이용하여 실습해 본다.
- 주요 개념
 - 배양의 필요성 : 체외에서 다양한 세포 실험의 수행
 - Primary (secondary) culture : 조직에 갓 떼어낸 (primary) 세포 그 후 in vitro로 가공한 것 (secondary)
 - Cell line : mutation 후 영구히 자라나는 세포. Apoptosis 안 일어남.
 - 반 위상 현미경에서 세포 수 세는 법 (그림 3 참고)
- 실습실 설비 : 급수/배수/환기(hood) 시설이 갖추어진

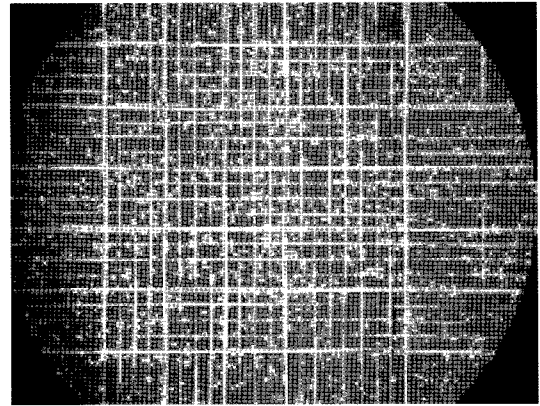


그림 3. 반위상 현미경에 나타나는 혈액세포의 예
Fig. 3. Example of blood cells appearing in the inverted phase microscope

실습실. 통상 미생물학 실험을 수행하는 실습실이면 충분함.

- 부속 및 재료 리스트:
 - CO2 incubator, water bath, vacuum pump, inverted phase microscope, hemocytometer, autoclave, flask 여러 종, pipet 여러 종, culture dish 여러 종, 3T3-L1 용액
- 절차:
 - 1단계 : BSC(bio safety cabinet) 청소 및 준비
 - 2단계 : cell culture 배지 준비
 - 3단계 : 냉동된 stock으로부터 세포 배양 시작
 - 4단계 : 세포 수 측정 (실험중, 18시간 후 2회)

5. 선수과목 및 후수과목과의 연계

이 새로운 과목의 선수과목은 기초과학 실험(물리/화학/생물등) 과목이며, 이 과목에서 의공학 교육의 기초가 되는 기초과학 소양교육이 이루어 진다. 물리학 및 실험은 전기/전자 계열 실험에 밀접하게 관련되며, 생물학 및 실험은 조직/세포 계열 실험과 연관된다. 이 새로운 과목의 후수 과목으로는 고학년에 주로 개설되는 생체계측(전기/전자 관련), 생체재료(재료 관련), 생체역학(역학 관련), 조직공학(조직/세포 관련)을 들 수 있다. 이 새로운 실험 과목을 수강 후 연계되는 후수 과목에서의 학습효과의 증대가 기대된다. 미국 대학 의공학과와 실험과목 개설의 추세를 살펴보면 통상적으로 여러 의공학 실험 분야를 포함하는 (일반) 의공학 실험이라는 과목을 2학기에 걸쳐 편성하고 전기/전자 계열의 실험 과목 자체가 없는 경우가 많다. 우리나라 의공학과들도 기존의 전기/전자 계열 실험 과목 혹은 기초과학 실험 중 한 과목을 폐지하고 그 대신에 본 논문에서 제시한 새로운 실험과목을 2학기 분량으로 확대해서 개설하는 것도 고려 해볼만한 사항이다.

표 6. 교육조교 최소 자격요건 예시

Table 6. Example of minimum requirements for the teaching assistant

실험내용	자격요건
전기/전자 분야	전기/전자공학 관련 학부 졸업자 혹은 학부수준 전기회로실험과 전자회로실험 혹은 유사과목을 우수한 성적으로 수강한 대학원생
재료/역학 분야	재료/기계공학 관련 학부 졸업자 혹은 학부수준 일반 물리학 실험과 재료공학 실험 혹은 유사과목을 우수한 성적으로 수강한 대학원생
세포/조직 분야	생물학 관련 학부 졸업자 혹은 학부수준 일반 생물학 실험과 미생물학 실험 혹은 유사과목을 우수한 성적으로 수강한 대학원생

6. 실습실 설비 문제

기존의 의공학과 의 실습실은 주로 전기/전자 계열의 실험을 수행하도록 갖추어져 있다. 본 논문에서 제안하는 의공학 실험 과목을 위하여서는 급수시설, 배수시설, 환기시설(hood)등이 최소한으로 필요하다. 학과의 사정상 이 모든 시설을 갖추 수 있다면 좋겠지만, 비용상 어려울 경우는 같은 대학 내 기계공학과, 재료공학과, 생물학과의 실습실을 빌려서 진행해야 할 것이다. 이 경우 학생들의 3개의 조로 편성하여서 순환적으로 타과의 실습실을 사용하는 형태로 진행하면 타과의 실습인프라에 덜 부담을 주면서 과목을 진행할 수 있을 것이다.

7. 조교 교육

기본적으로 이 새로운 의공학 실험의 내용에 맞추어서 그 내용을 숙지한 교육조교가 필요하다. 하지만 현재 의공학과 의 대학원생의 출신 학부전공을 고려하면 이러한 조교가 없을 가능성이 크다. 각 학과의 운영상 실험과목 전부의 내용을 숙지한 조교가 없다면, 실험과목의 내용과 관련된 타 학과에서 조교를 한시적으로 협조 받아서 진행하여야 할 것이다. 표 6은 교육조교가 갖추어야 하는 최소한의 자격 요건의 예이다.

8. 새로운 과목의 교안 집필

본 논문의 교신저자는 새로운 의공학 실험과목에 대한 교안과 교재를 현재 (2011년 4월) 집필 중이며 2011년 여름까지 집필을 마칠 예정이다. 도출된 교안과 교재는 대한의용생체공학회에서 수행하는 “수요자 중심의 지식융합형 의공학 교육과정 체제개선” 과제의 결과물로 제출될 예정이다.

IV. 고찰 및 결론

본 논문에서 제안한 과목은 아직 한번도 운영된 적이 없다. 이상적으로는 이 새로운 과목을 수 차례 수행해 보고 학생들의 학업 성취 정도를 기존의 교과과정에서의 성취 정도와 비교 하여야 한다. 이러한 비교 연구는 다음 번 연구의 주제로 삼을 예정이다.

본 논문에서는 의공학 실험에 관하여 새로운 과목을 제안하였다. 이 새로운 과목은 최근의 의공학 연구분야의 다양성을 반영하여 기존의 전기/전자 분야의 집중된 실험내용을 확장하여 재료/역학 분야와 세포/조직 분야의 내용을 포함한다. 이러한 새로운 실험과목으로 학생들이 교육을 받는다면 학생들이 앞으로 의공학의 여러 분야에 대하여 흥미를 더 가지게 될 것이다. 결론적으로 학생들이 이 새로운 실험과목을 통하여 의공학의 다양한 분야에 대한 균형 잡힌 시각을 가지고 되고 학습의욕이 고취될 것으로 본다.

참고문헌

- [1] J.D. Bronzino, *Biomedical Engineering Handbook*, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K, 2000.
- [2] V. Gewin, “Biomedicine meets engineering,” *Nature*, vol. 425, pp. 324-325, 2003.
- [3] Whitaker foundation, <http://www.whitaker.org>.
- [4] Y.J. Chee, “Analysis of undergraduate biomedical engineering curriculum,” *biomedical engineering faculty workshop*, August 2009.
- [5] KOSOMBE, <http://www.kosome.or.kr/>.
- [6] Accreditation Board for Engineering and Technology Engineering Accreditation Commission. *2007-2008 Criteria for Accrediting Engineering Programs*. Baltimore, MD: ABET, 2007.
- [7] C. Meyers and E. Ernst, “Restructuring engineering education: A focus on change,” Division of Undergraduate Education Directorate for Education and Human Resources, *National Science Foundation*, Report on NSF Workshop on Engineering Education, 1995.
- [8] L. D. Feisel, A. J. Rosa, “The role of the laboratory in undergraduate engineering education,” *J Eng Educ*, vol. 94, pp. 121-130, 2005.
- [9] T. Lewis. “Design and inquiry: bases for accommodation between science and technology education in the curriculum?” *J Res Sci Teach*. vol. 43, pp. 255-281, 2006.
- [10] J.B. Seo, “Introducing Biomedical Engineering Lab Class,” *biomedical engineering faculty workshop*, August 2009.
- [11] Research fields for NRF, <http://maru.nrf.re.kr/>.
- [12] U.S. News biomedical engineering ranking, <http://colleges.usnews.rankingsandreviews.com/best-colleges>.
- [13] J. G. Webster, *Medical Instrumentation: application and design*, Wiley, 1997.
- [14] Instron 4440 spec sheet, <http://www.instron.com>.