

# 生物医学工程专业综合训练实践教学改革

宫 琴

(清华大学 医学院生物医学工程系, 北京 100084)

**摘 要:** 原有的生物医学工程专业综合训练课程在教学内容、环节、模式和实践支撑平台上远不能适应现代实践教学发展的要求。为了解决存在的问题,课程组以“建设成为研究型生物医学工程专业综合训练的精品课”为目标,确立了“1 个目标、3 个环节、5 种模式、4 个主攻方向”的改革方针。经过几年的实践运行,形成了有特色的生物医学工程专业综合训练教学体系,推动了实践教学的全面发展,提高了学生的实践能力和创新意识。

**关键词:** 实践教学改革; 生物医学工程专业; 综合训练; 平台建设

**中图分类号:** G642.0; R-331 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-4956(2013)09-0135-05

## Reform of practical teaching of biomedical engineering professional comprehensive training

Gong Qin

(Department of Biomedical Engineering, Medical School, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Original comprehensive training course of biomedical engineering (BME) cannot meet demands of modern practical teaching development, including contents, segments, patterns and supporting platforms. Due to these existing problems, the course team has set the goal as “Building up the course into top-quality ranks of researching-based course of Biomedical Engineering Professional Comprehensive Training,” and set up the reform strategies as “One goal, Three segments, Five patterns and Four main attack directions.” After several years of practical operation, a distinctive teaching system of biomedical engineering professional comprehensive training is formed. It has been putting forward the development of practical courses in our department and promoting the practical ability and innovation consciousness of the students.

**Key words:** reform of practice teaching; biomedical engineering (BME) specialty; comprehensive training; construction of platform

### 1 生物医学工程专业综合训练实践教学改革的背景

生物医学工程专业综合训练是清华大学生物医学工程系本科核心的基础实践和专业综合训练课程,但原有教学课程的内容、环节、模式和实践支撑平台远不能适应现代实践教学发展的要求。存在的主要问题有:

(1) 课程实践训练的目的不明确。原来的专业综

合训练课程几乎成了动物生理学的几堂解剖实验课,其重点放在了培养学生的生理解剖技能上,误解了此课程在工科院校对交叉学科专业学生的培养目标,因此,学生常将此课程习惯地误称为“动物解剖实验课”。

(2) 没有系统的参考教材。所进行的实验课程内容少,范围窄,仅仅进行不到 10 个关于动物循环系统解剖生理学的实验。

(3) 教学模式和环节比较单一。仅仅进行动物循环系统解剖的实验技能训练。

(4) 没有跟踪最新的研究发展动态,缺乏必要的实验支撑平台。

(5) 没有与临床结合。学生不了解临床对本专业的要求和本专业知识成果在临床中的作用。

基于以上多方面的原因,造成本课程没有体现和突出生物医学工程专业综合训练课程的重点和特色<sup>[1]</sup>。

收稿日期:2013-06-01

基金项目:清华大学“985”教材建设项目;清华信息科学与技术国家实验室学科交叉基金(042003109);清华大学“985”工程二期生物医学工程主干课建设项目

作者简介:宫琴(1968—),女,山东文登,博士,副教授,博士生导师,长期从事生物医学工程教学与科研工作。

E-mail:gongqin@mail.tsinghua.edu.cn

## 2 国内外类似课程的调研分析

在 2004—2007 年中,我们走访和调研了 10 多所美国一流大学,并对生物医学工程专业综合训练相关课程进行了调研,同时,走访了解了国内一些大学的生物医学工程专业综合训练的相关课程。调研结果发现,国内外大学在课程重点、课程设置、内容和环节上存在差异。主要体现在:美国大学的课程体系与我们的培养计划存在一定差异,他们强调将专业综合训练渗透到一些课程的大作业中,也就更突出对某一研究领域的专项训练,这种专业综合训练是持续贯穿在本科高年级的各个学期中的某一门(些)课程里,没有一个专门的名称为专业综合训练的课程;而国内理工科大学中的生物医学工程的专业综合训练课程,或被直接称为“电生理实践”,或以动物生理实验为主的内容所代替,缺乏一个真正的对生物医学工程进行专业综合训练的理念,同时,普遍缺少对学科前沿与最新研究动态发展的介绍<sup>[2]</sup>。

通过调研,我们深切感到生物医学工程专业综合训练课程要从生物、医学、工程这 3 个角度同时突破,对人和动物的生命活动和现象给予科学正确的分析、认识和掌握<sup>[3]</sup>。学生通过这门课程的学习,不仅要掌握对生命活动进行测试的基础及前沿性实验的设计方法和思想,做到举一反三,而且还要学会从微观的角度解释宏观上发生的现象。同时,作为工程专业的综合训练课,重要的一面还要求学生学会定量的分析和计算,理解现象发生的本质和量的变化,使测试结果定量化、科学化。通过一系列这样的学习和训练,结合临床,使学生同时具备工程师和科学家的头脑,达到专业综合训练的目的<sup>[4-5]</sup>。

## 3 改革的主要理念和方针

针对存在的问题,我们酝酿和规划了此课程改革的思路,确立了需要在课程内容、环节、模式和支撑平台等几方面进行变革,并把改革方针确立为“1 个目标、3 个环节、5 种模式、4 个主攻方向”。1 个目标是“建设成为研究型生物医学工程专业综合训练的精品课”。3 个环节是“研究型教学内容体系的更新,立体化课程和教学资源建设,创新型支撑平台建设”。5 种模式是综合运用“教材文献研读、讨论”、“课堂系统讲授及演示”、“动手实践操作和研究”、“临床医院见习和探索”、“总结、讨论、提高”等 5 种授课方式,把课程内容落实在 3 个层次上。并在“基础性”、“创新性”、“趣味性”、“研究性”4 个方向进行了主攻。经过几年的实践运行,形成了有特色的生物医学工程专业综合训练课程的教学体系。

在进行教学内容选择时,我们认为本科的专业实践综合训练课程,要认真考虑专业教学内容选择的基础性、广泛性、研究性和前瞻性,既要考虑本科学生的专业综合实践课程的广度和深度,又要对前沿性技术方法及理论有所涉及,既要循序渐进地强化学生的基础理论知识和动手实践能力,提高学生的分析和解决问题的能力,又要激发学生的创新性思维<sup>[6]</sup>。根据这一课程内容选择的理念,我们制定了本课程的教学大纲和培养方案,从几方面全方位保证改革理念的可靠实施。

### 3.1 进行研究性课程内容的立体化设计

课程内容立体化设计包含如下几个方面:

(1) 包含 30 多个对动物和人的基础性、研究性的生理实验,并设计了将最新的科研成果转化的实验,使学生及时了解最新的科学发现和进展。在基础实验中,实验的安排按照几大生理系统结构(包括神经肌肉系统、血液循环系统、呼吸系统、感觉系统、中枢系统)综合设计,从人到实验动物、从宏观到微观、从现象到本质地揭示基本原理的内在根源和外在表象。

(2) 将工程研究性训练渗透在对实验结果的分析、处理和总结中。在每个实验后,设计相关的需要通过工程分析计算对实验的总结提高的训练环节,同时,大量的分析计算方法体现了生物医学工程信号处理的本质和精髓。

(3) 加强对临床常用检测治疗设备的原理、方法、系统组成、研究进展、临床应用的研究探索性学习。70 多种检测和治疗设备的介绍以生理系统为单元,学生需要对每个生理系统常用的检测治疗方法、设计原理及采用的关键技术进行系统而综合的学习、调研和讨论。

(4) 深入全国临床设备最先进、最全面的解放军总医院(301 医院)进行生物医学检测治疗设备的趣味性和探索性实习,使学生了解本专业知识在临床中的具体应用。

(5) 引导学生对临床中的技术难题进行创新性探索。通过与医生交流沟通,了解临床检测设备中存在的技术难题,并针对难题进行讨论。

彻底改变了学生将此课程称为“动物解剖实验课”的教学内容体系,使学生通过全面的专业综合训练,逐渐培养形成观察、思考、分析、解决和探索新问题的能力。

### 3.2 进行立体化课程和教学资源建设

为了配合上述课程内容的顺利实施,我们做了如下工作:

(1) 编著了国内首本针对本课程的教材《生物医学工程检测及基础实验》(15 章,51 万字),教材分为上

下两篇。上篇是对几大生理系统中临床常用检测治疗设备的基本原理、方法、组成框图和研究进展的讲解；下篇包含了几大生理系统的生理学实验的内容。引导学生进行文献阅读并指导学生进行正确的实验操作和分析。

(2) 全面系统地制作了针对各生理系统和器官的常用检测治疗设备的电子教案和多媒体课件 70 多种 (1 200 多页), 帮助学生系统掌握教材中涉及到的 30 多种最常用的临床检测设备的基本原理和技术方案, 对另外 30 多个检测治疗设备要求一般性掌握了解。将看似“黑盒子”的检测设备的基本组成和原理具体化、框图化, 将复杂的检测算法和技术方法简单化、流程化, 使学生对专业研究的内容、方向、方法和进展有全面、系统、深入的掌握。

(3) 制作了针对基础实验的多媒体课件 35 个, 帮助学生实验的基本原理、实验技能和对实验数据的工程处理方法。

(4) 对所引进的国外先进实验设备的说明书进行翻译、整理 (12 章, 8.5 万字, 182 页), 扩大实验平台的应用层面。

(5) 分类收集整理大批与本课程内容相关的电子版本, 在课程教学中作为阅读参考文献。

### 3.3 进行创新型支撑平台建设

支撑平台是实践类课程顺利进行的保障, 因此进行了创新型支撑平台的建设。

(1) 分别购置了用于人体和动物的 Biopac、RM6240B 生理实验检测平台, 同时对 Biopac 的 16 种和 RM6240B 的 6 种不同传感器进行了测试、定标和验收。

(2) 设计了利用现代检测仪器进行生理实验的验证性和探索性研究, 使本平台具有鲜明的科学研究特征, 同时实践支撑平台中的部分探索研究内容已扩展应用到研究生的专业实验课程中, 有效地扩大延伸了教学实践支撑平台的应用范围。

(3) 将全国临床医疗设备最先进、全面的解放军总医院发展成为本课程的教学实习基地, 促进学生对专业知识在临床中应用的了解和对需要解决的技术难题的思考。

(4) 将本系专业研究室的研究成果作为教学资源, 并将成熟的研究成果转化为课程实验平台和研究内容, 实现了向研究型实验教学模式的重大转变。

## 4 实践课程改革的实施方案

从我校的实际情况出发, 我们定位此实践课程的目标是: 既要使学生具有扎实、熟练的实验和理论基础, 又要密切关注生物医学工程的前沿实际问题; 学会

应用工程的分析、计算方法; 培养综合的分析、处理和解决问题的能力。因此, 本项目改革的指导思想是在内容上全面、细致的实践活动与理论、分析并重, 紧紧围绕着“基础性与创新型”、“趣味性与研究型”并重的实践教学指导思想, 将课程内容分解到“原理性的基础实践知识的掌握和实际操作”、“工程技术和分析方法的定量研究”、“科学问题及技术方法的创新探索”3 个层次上, 循序渐进地引导学生进行实践课程的学习。在具体讲授过程中, 将“教材文献研读、讨论”、“课堂系统讲授及演示”、“动手实践操作和研究”、“临床医院见习和探索”、“总结、讨论、提高”5 种授课模式并用, 改变了仅进行动物解剖技能训练的单一教学模式。

### 4.1 教学体系的全方位更新

生物医学工程专业综合训练课程是: 训练学生认识掌握临床上与本专业相关的各种检测设备的原理及设计方法; 学习理解人体和动物的生命活动过程中各种生理现象的本质特征; 学会采用生物医学工程的计算分析方法, 提取出代表各个生理系统和器官的生命指征的参数, 探讨其生命现象和特征。它涉及到生物、医学、数学、物理和工程等多个领域, 要应用多学科的理论 and 知识分析、解决问题<sup>[7]</sup>。因此在认真考虑了实践教学内容选择的广泛性、基础性、研究性和前沿性的基础上, 对课程内容进行了系统规划, 使教学内容涵盖 5 个主要方面:

(1) 对人体和实验动物, 按照生理系统, 精心设计了教学及科研中所涉及到的各个研究领域的 30 多个基础性和前沿性实验<sup>[8]</sup>。如在神经肌肉系统中, 进行了动物的“神经干复合动作电位、传导速度、不应期的测试, 骨骼肌收缩反应, 神经干、肌膜动作电位和骨骼肌收缩的时相关系”的经典实验后, 对应地包含了“人体的肌电测试”的现代检测实验, 使学生由微观到宏观地理解肌电现象产生的本质和根源, 同时, 理解肌电测试时神经干、肌膜动作电位和骨骼肌之间的相互关系。再如对耳蜗的检测中, 包含验证性和探索性实验。“豚鼠耳蜗电位的记录”, 使学生了解耳蜗电位的基本原理和测试方法, 同时, 探究语音刺激下的微音器电位和神经动作电位之间的关系, 另外, 也包含了将最新科学发现和成果转化的“人耳耳声发射检测”实验, 使学生理解“耳蜗是一双向换能器, 不仅能被动接收声音, 而且能主动发出声音”的特性<sup>[9]</sup>, 并进一步对检测进行分析计算。

(2) 突出利用工程的方法, 学会对实验测试结果和检测结果给出定量的计算和科学的分析结果。如在人体心电、心音的测试实验中, 不仅要求学生掌握幅度、波间期、心率的计算方法, 学会心电图的测定方法, 而且要学会对比地进行心音与心电各个间期分析的工

程计算方法,根据结果分析正常及病态生理过程所对应的参数指标。

(3) 加强对临床上常用的检测治疗设备的了解和技术原理的理解,使学生通过课前调研、课堂多媒体讲解和讨论等方式掌握先进的检测治疗设备的设计思想、技术原理、结构组成、发展历史和临床应用。如对中枢神经系统的检测中,不仅包含对常用的临床方法“脑电检测”和“诱发电位检测”的介绍,而且包含极具临床应用前景、在基础研究中的热点方法“脑磁检测”。而在对人体组织成分分析中,则采用对比的方法系统介绍 10 多种组织成分的检测方法及应用范围。如密度测定法、全身水量测定法、全身钾总量测定法、基于皮脂厚度的测量方法、生物电阻抗法、双光人体成分分析法、红外测量法、超声法、CT 法、MRI、中子活化分析等。

(4) 加强在临床医院的实习,了解临床对本专业的要求和本专业知识及成果在临床中的作用。如在解放军总医院的实习中,对生物医学工程所涉及的多个科室进行系统实习,包括心电图室、脑电图室、肌电、介入科、生化科、眼科(眼电,视网膜电位,视觉诱发电位)、耳科(耳声发射,听觉诱发电位)、超声、医学影像(X 线、CT、MRI、PET、PACS)、全国声学计量检测中心等。

(5) 引导学生对临床中的技术难题进行创新性探索。如在临床实习中,通过与医生交流沟通,了解到目前临床上常用的肿瘤治疗方法“放射疗法”和“化学疗法”,于是通过提问,“对于肿瘤,是否有绿色疗法?其原理是什么?”,学生带着问题进行调研,去了解肿瘤的绿色疗法“热疗及其原理”,从而开展对治疗设备的基本原理、设计方案及技术难题的讨论、分析和总结,由此逐步培养学生的创新思维。

#### 4.2 教学内容的分层次落实

除了进行了研究型课程内容的立体化规划外,教学组同时还提出了“基础性与创新性”、“趣味性与研究性”并重的实践教学方法,将教学内容落实在 3 个不同的层次上,循序渐进地引导学生进行系统综合的课程训练。在课程实践过程中,强调引导理性思维和理性实践,注意技术的多样性。突出了不同层次的实践教学要求的贯彻执行及在实践教学中的作用。

专业实践教学训练中的第 1 个层次的内容属于原理性的基础实践知识的掌握和实际操作,其特点是内容相对基础、稳定。主要通过课前资料研读、课堂讲授和课堂实验演示来传授知识,并通过学生动手实践操作完成实验和实习任务,获取数据。在这一层次的实践教学上要充分发挥教师课堂的操作演示作用及现代多媒体和录像的图文并茂的长处,使学生掌握基本操

作技能,完成基本实验内容的操作和对检测设备基本原理的理解,同时结合课前对指定文献研读和对实验设备的使用了解,完成此层次任务。

专业实践教学训练中的第 2 个层次主要体现在工程技术的多样性和工程分析方法的定量性及对结果分析的科学性,其特点是针对不同的实验记录和检测结果,利用不同的工程的计算方法和分析手段,从实验记录中提取反映生命体征的参数,进一步科学地分析数据所反映的科学现象。在实践教学模式与环节的设计上,我们强调突出主线,在课堂上只介绍基本分析方法和分析思路,让学生注意到工程技术的多样性和可行性,然后通过对实验记录的计算、分析和讨论来反映对实验内容的理解和掌握<sup>[10]</sup>。

专业实践教学训练中的第 3 个层次反映的是内容的前沿性,其特点是技术上带有不成熟性,甚至还只是一种思路,目的在于扩展学生眼界和思考问题所站的高度,培养创新思维。这部分内容不作为考试和评定成绩的必要要求,而是强调实践教学过程中学生为主体的观点,开发学生的潜能。教师的作用体现在引导方向,调动学生有意识地去钻研。因此通过精心设计的研究思考型实验和临床疑难病症的检测方法作为对学生自我学习能力的挑战。通过给出较有价值的最新文献,让学生通过最新文献去跟踪技术的发展,完成带有一定研究性、创新性的设计并去实现,最后通过实验报告及论文等形式加以促进,激发学生的兴趣和热情<sup>[11]</sup>,使实践课程从重复验证为主转变为传授知识与培养创新性思维和能力并重。教学中关注学生开创意识和创新能力的培养,注重学生素质和能力的训练。在教师、实验员和助教阅读学生报告的基础上,安排学生逐一汇报、分组讨论和教师点评,使学生看到在处理问题思路和方法上的多样性,并比较各种方法的特点。在此基础上,学生还可以对自己的设计进行改进并提交最终的报告。因此这种教学模式突出了培养学生研究性学习及通过实践获取知识的能力,尽管大幅度加大了教学工作量,但从知识和能力 2 个方面提高了学生的素质。

#### 4.3 教学方法的多模式并用

立足于专业实践课程教学内容的立体化和多层次设计,教学组针对不同层次的教学内容,又设计了多种实践教学模式和教学环节,使学生既重视基本实践操作与工程处理的严谨性,又认识到工程方法的可行性与多样性。多模式授课体现在下面 5 种不同的授课方式并用的教学方法中,改变了仅进行动物解剖技能训练的单一教学模式,让学生掌握基础知识,提出并解决新问题,以进一步激发创新性思维的开发。

第一种授课模式是通过课前教材和文献研读,引

导学生对实验内容的基本了解,了解为达到实验目的所采用的技术方法和操作过程。引导学生了解最新的临床检测治疗设备的基本原理、发展动态和前沿产品,了解本学科知识在目前临床应用和发展动态。

第二种授课模式是通过课堂教学,系统简明地澄清实验的基本原理、目的和实验技巧,进行检测治疗设备的基本原理、方法、系统组成、研究进展、临床应用的研究探索性讲授学习,引导学生对临床疑难问题的创新性探索。在此模式中,教师采用当堂讲授的方法,综合利用多媒体课件、生动的 DVD 录像和实物展示等方法,突出检测设备的设计原理及组成、实验操作方法和技巧。在此模式中,重点主攻了基础性学习内容和趣味性的学习过程。

第三种授课模式是学生动手实践操作和研究,通过 3 周的时间,学生亲自动手进行 30 多个经典的和前沿的关于人体和动物的生理、电生理实验操作,强化学生的实践操作能力,然后通过工程的方法对测试数据进行计算分析,对实验结果给出科学合理的解释,加强学生对生物医学工程基础知识的理解和创新性实验的设计能力。在此模式中,重点主攻了学生进行验证性和探索性实验的基础性和研究性的学习过程和方法的体会。

第四种授课模式是临床医院的见习,根据生物医学工程学科的特点,深入临床医院,参观见习与生物医学工程相关的科室,了解生物医学工程专业知识在临床中的应用和临床对本专业的需求及发展动态,丰富学生知识,开拓眼界,培养学生服务于临床、服务于社会的思想。在此模式中,重点主攻了学生在临床实践过程中的理论联系实际的比较学习过程和对疑难问题进行探索的创新性思维的激发<sup>[12]</sup>。

第五种授课模式是课程总结讨论。根据教师提问、课程总结汇报、大作业和设计性实验的安排,通过每个学生上台汇报、演示实验结果、总结实验收获、讨论疑难问题、介绍调研的相关检测治疗产品的原理、发展过程及研究动态、交流设计思想和体会,最后教师进行总结提高。在此模式中,重点主攻了学生利用知识积累进行创新性思维的发掘和进行研究型工作的思维总结过程。

采用上面 5 种不同的实践教学模式来满足不同层次的教学内容的要求,以提高学生的学习兴趣,提高课程学习效率,并综合运用多种教学手段和现代化媒体,使教学效果达到最佳。

## 5 结束语

经过改革的培养方案、教学内容、教学环节和模式已经在清华大学 2003—2010 级(8 届)学生中逐步得

到全面实施,收到很好的效果。每届 48 学时。经过改革的实践教学支撑平台已经在清华大学 2003—2011 级(9 届)学生 2 门专业实践课程中全面实施,收到很好的效果。其中一门专业实践课程为 64 学时,另一门为 48 学时。另外,经过改革后的实践支撑平台中的部分探索研究内容已经在 2008 年开始作为研究生的专业课程(“听觉和语音系统的检测分析”)的实验平台,在连续 5 年研究生实验课程的应用中得到学生的高度评价。

该课程教学研究成果代表本系参加全国教学评估检查,为本专业在教学评估中获得一级学科做出了基础性贡献。许多本科生的 SRT 项目是此课程研究内容的继续,许多学生基于此实践平台完成了医疗仪器创新设计大赛和挑战杯等大赛项目。该课程的教学成果在 2008 年获得清华大学教学成果一等奖,在 2009 年该课程获得清华大学精品课称号。该课程与另外 5 门课程获得清华大学“985”工程二期“生物医学工程主干课建设”资助。该课程的配套教材获得清华大学校级规划教材建设项目资助,教材于 2011 年 12 月由清华大学出版社出版。

生物医学工程专业综合训练实践教学改革和平台建设项目,极大地促进了清华大学生物医学工程系实践教学的全面发展。

## 参考文献(References)

- [1] 袁力,焦红霞,王叶. 从生物医学工程产业发展谈生物医学工程教育[J]. 医疗设备信息,2006,21(11):48-50.
- [2] 邹慧玲,董秀珍,赵瑞刚. 中美生物医学工程本科教育的比较及启示[J]. 医疗设备信息,2004,19(4):1-4.
- [3] 马春排,李天钢,李自毅. 生物医学工程实践教学体系的建设[J]. 实验室研究与探索,2010,29(4):103-105,122.
- [4] 董秀珍,邹慧玲,杨国胜. 我国生物医学工程教育有关问题的探讨[J]. 中国高等教育,2002(5):6-9.
- [5] 冯波,翁杰,黄楠,等. 结合学科特点和自身优势建立生物医学工程本科专业实验教学体系[J]. 实验技术与管理,2006,23(10):15-17.
- [6] 张建丽,范蕾. 生物工程综合实验教学改革研究与实践[J]. 实验技术与管理,2010,27(5):144-146.
- [7] 肖连冬. 生物工程综合性专业实验的教学改革与实践[J]. 广东化工,2009,36(8):310-312.
- [8] 宫琴. 生物医学工程基础及实验教程[M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [9] Rudolf Probst, Brenda L. Lonsbury-Martain and Glen K. Martin. A Review of Otoacoustic Emissions[J]. J Acoust Soc Am, 1991, 89(5):2027-2067.
- [10] 叶佩青,刘莉,吴志军,等. 综合性实践课程教学改革探索[J]. 实验技术与管理,2005,22(2):22-36.
- [11] 余萍. 实践教学改革的探讨[J]. 湖北经济学院学报:人文社会科学版,2007,4(11):157-158.
- [12] 袁力,焦红霞. 产学研结合教育的理论问题及其在生物医学工程高等教育的实践[J]. 电气电子教学学报,2004,26(2):25-42.