·研究生教育·

“产学研结合、医理工交叉、国际化视野”的生物医学工程专业研究生培养模式探索

杜永洪　陈地龙　颜家珍　白晋　邹建中　王智彪

【摘要】 阐述重庆医科大学依托科研原始创新建立的产学研用平台和多渠道的国际合作模式；通过在医学和工程两个一级学科的交叉领域开设理论课程，医院、企业和高校联合组织研究生科研课题，建立医工结合的研究生培养环境，开展生物医学工程专业研究生人才培养；旨在探索将科研创新成果及时引入研究生教育，提升研究生培养质量。

【关键词】 生物医学工程；　复合型人才培养；　研究生创新教育

【中图分类号】 R318

Integration on postgraduate cultivation model in biomedical engineering based on ‘combination of production-teaching-research, interdisciplinary of medicine-science-engineering, international horizon exploration’　*Du Yonghong, Chen Dilong, Yan Jiazhen, Bai Jin, Zou Jianzhong, Wang Zhibiao. Biomedical Engineering College, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China*
Corresponding author: Wang Zhibiao, Email: wangzb@cqmu.edu.cn

【Abstract】 This paper discussed on the innovative efforts of establishing production-teaching-research platform and multi-channel international cooperation model by Chongqing Medical University. Measures taken included offering theoretical courses across the first-level disciplines of medicine and engineering and encouraging research tasks that involve the cooperation among hospitals, businesses and universities, creating education environment for postgraduates combing medicine and engineering and launching the cultivation of biomedical engineering postgraduates. The aim of these measures was to incorporate the achievements of scientific research innovation into postgraduate education and to improve its quality.

【Key words】 Biomedical engineering;　Interdisciplinary talents cultivation;　Innovative post-graduate education

1　围绕知识结构和实践能力培养要求，构建医、理、工交叉的研究生培养模式

研究生教育是高等教育的最高层次，肩负着为国家培养高层次、创造性人才的重任。目前，我国整个高等教育处于一个变革期，学生所学知识与实际应用相符合的程度同就业息息相关。因此，根据社会所需，培养应用型人才是教育发展的重要方向之一。

1.1　紧密结合学科特点和社会需求，确立复合型人才培养目标

生物医学工程是生物学、医学和工程学等高度综合的交叉学科，与经济的发展息息相关。就我国而言，生物医学工程学科和相关产业都相对落后，现代医学仪器及器械产业十分薄弱，绝大部分依靠进口，国外产品几乎垄断国内市场，形势十分严峻。发

DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2014.02.005
基金项目：重庆市研究生教育教学改革研究项目（YJG110108，YJG123119）
作者单位：400016　重庆医科大学生物医学工程学院（杜永洪、颜家珍、白晋、邹建中、王智彪），研究生院（陈地龙）
通信作者：王智彪，Email：wangzb@cqmu.edu.cn

展我国生物医学工程学科、培养高端人才、带动相关产业的发展，是增强国力的重要措施[1-4]。

面对我国医疗器械产业的现状，培养具有创新意识和科研能力，能从医、工结合上思考和解决问题的研究生；发展中国自主知识产权的医疗器械产品，进而带动我国医疗器械领域的进步，达到改善心理状态、预防疾病、维持健康的医学目的，将具有重要意义。

重庆医科大学于 2003 年获得生物医学工程一级学科博士学位授予权、2006 年获临床医学一级学科博士学位授予权，已经形成临床医学和生物医学工程本科–硕士–博士–博士后完整的人才培养体系；在临床医学和生物医学工程两个一级学科交叉领域率先开展医疗器械研究开发和临床应用复合型研究生人才培养的探索。

1.2　成功构建医理工结合的研究生培养课程体系

在医学和工程两个一级学科的交叉领域设置“生物医学”和“医学工程”两大理论课程体系，建立医工结合的研究生培养环境。其中“生物医学”课程群以医为主，主要课程包括蛋白质组学、生物信息学、超声治疗学、超声治疗技术研究进展等，由重庆医科大学承担教学；“医学工程”课程群以工为主，主要课程包括医疗信息管理与应用、医学仪器与系统设计、嵌入式系统及应用等 6 门课程，该类课程体系依托重庆市大学联盟，由重庆大学等工科高校承担教学。

依托重庆医科大学丰富的医学教学资源和附属医院充足的临床资源和高素质的师资队伍，将产、学、研、用平台有效结合；强化研究生知识的融合和实践能力的培养，使其成为有充足发展后劲的复合型人才；并形成兼顾研究生理论知识和实践能力的培养模式(图 1)。

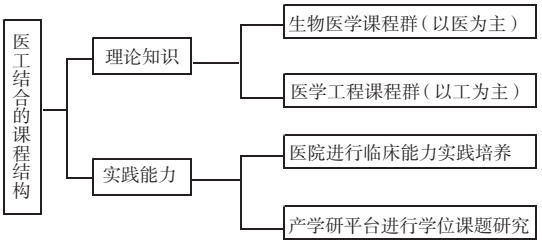


图 1　医工结合的研究生培养课程教学模式

1.3　依托重庆市大学联盟搭建学科交叉培养的平台

2011 年，为了整合教学资源，重庆大学、西南大学、第三军医大学、西南政法大学、重庆医科大学、四川外语学院共同组建重庆市大学联盟，为联盟高校实现资源共享、优势互补、互惠互利、相互促进、整体提升创造了条件。根据《重庆市大学联盟章程》，重庆大学、第三军医大学、重庆医科大学联合成立重庆市生物医学工程联合学院，联盟内高校之间在研究生招生、培养、授位等方面开展合作与交流，积极探索在学科交叉及拔尖创新人才联合培养等方面的合作新模式。该模式弥补了重庆医科大学工科教学资源不足，为复合型人才培养提供多学科融合的平台。

2　产学研用联动，学位课题与企业、医院联合选取，共建导师团队，培养研究生的创新能力

产学研合作主要指在科技与经济一体化过程中，企业与高等学校、科研院所在互惠互利、优势互补、共同发展的机制下开展多种形式的合作。产学研合作教育的基本原则是产学合作、双向参与，要达到的目标是全面提高学生的综合素质，以适应市场经济发展对人才的需要。

2.1　成功搭建起产学研用紧密结合的平台

重庆医科大学生物医学工程学院的发展历程是先有科学研究，后办本科和研究生教育，现已经建立起生物医学工程本科–硕士–博士–博士后完整的人才培养体系。其发展历程如下：1997 年，重庆医科大学成立医学超声工程研究所；1999 年，重庆海扶(HIFU)技术有限公司成立(2012 年更名为重庆海扶医疗科技股份有限公司)；2002 年，经国家科技部批准，成立省部共建国家重点实验室；2003 年，成立重庆医科大学生物医学工程系(2011 年更名为生物医学工程学院)；2005 年，经国家发改委批准，由重庆医科大学和相关单位共同组建超声医疗国家工程研究中心；2011 年，成立重庆海扶医院，标志着重庆医科大学在超声治疗领域产学研用紧密结合的平台已经形成。

25 年来，重庆医科大学在国外学者对超声治疗工程学研究的基础上，潜心于高强度聚焦超声(high intensity focused ultrasound, HIFU)技术的生物医学工程理论与临床应用研究，初步建立了超声治疗的基础理论体系，研制了具有我国完全自主知识产权的海扶超声聚焦刀等超声治疗系列设备；在世界上首次将 HIFU 技术应用于临床，并使超声治疗技术及设备的研制拓展到良性肿瘤和非肿瘤性疾病治疗

的新领域。重庆医科大学依托超声治疗的学术和技术平台,实行医学超声工程研究所、生物医学工程学院、重庆海扶医疗科技股份有限公司、超声医疗国家工程研究中心四块牌子、一套班子一体化管理,将科研的原始创新成果及时引入教学,产学研用的有效结合为研究生科研实践能力的培养创造了得天独厚的条件。

2.2 研究生学位课题以解决实际需求为目标,与企业或医院联合选题

企业、医院和高校在市场、人才、技术以及资金等方面各有优势,企业、医院是最终产品的提供者和服务者,能够迅速了解市场变化,根据客户需求作出相应反应,在资金投入方面也有一定的优势。高校是培养人才的摇篮,生产和传播新知识、新思想的重要基地,拥有丰富的人才资源和高水平的科技成果,人员更新流动快、学术思想活跃,主要适于进行自由探索式的、多学科交叉的基础研究,同时通过多学科综合与合作,也适合开展具有目标导向的应用研究。

重庆医科大学生物医学工程学院以产学研为基础,以创新思维、创新实践为指导,为研究生进行学术交流、科学实验和实践创新提供场所,为跨学科研究生之间开展交流、互访和合作提供平台,为创新型、复合型人才成长创造环境。每年重庆海扶医疗科技股份有限公司、重庆海扶医院为研究生设置 8~10 项超声治疗系列设备研制或临床应用过程中有实际需求的开放课题。

与此同时,充分利用重庆医科大学作为首席单位承担国家 973 计划项目和国家重大仪器专项项目的优势,将上述项目分解为分属于理、工、医类的若干子课题,这些子课题目标明确、时限性强;让研究生自由组织团队参与上述国家级项目子课题的研究,使研究生学位课题来源于实际应用。其目标是促进相关学科的交叉、融合,培养研究生的创新思维、团队意识、学术水平、实践能力,促进研究生全面发展。

2.3 依托产学研平台,企业、医院与高校共建导师团队,优化研究生导师队伍

多年来,重庆医科大学生物医学工程学院聘请重庆海扶医疗科技股份有限公司、重庆海扶医院等单位与联合选题的企业课题负责人为研究生联合指导导师,共同指导研究生完成产学研课题的实施,以提高团队研究生培养水平为目标,促进高校与企业、医院导师学科间交叉,实现产学研用平台研究生课题联合选取、共建导师团队。目前,已经形成了一支由超声治疗学、临床医学、机械工程和计算机等多学科交叉、优势互补的研究生导师团队。

3　多种形式开拓研究生国际视野,提升研究生职业素质和能力

坚持“服务社会、服务未来、服务发展”的理念,立足国内,放眼全球,把研究生职业素质的发展放在重要地位。积极开展以培养学生创新意识、创新精神、创新思维、创新人格等素质为目的的创新教育活动,将创新教育贯穿于研究生培养全过程。

3.1 科研成果突出,使研究生培养模式改革有一个高的起点

近年来,重庆医科大学生物医学工程学院先后承担国家 973 计划项目 1 项(获准资助经费 2 750 万元)、国家重大仪器专项 1 项(获准资助经费 6 000 万元)、国家自然科学基金委重点项目 2 项、杰出青年基金项目 1 项、国家十一五支撑计划项目 2 项等 100 余项国家和地方科研任务;在国内外刊物上公开发表学术论文 500 余篇;已获国家科技进步二等奖 1 项、国家技术发明二等奖 1 项等。重庆医科大学将科研取得的重大成果引入研究生教学,使研究生迅速了解到超声无创治疗技术取得的原始创新性突破,建立起超声治疗学的学科体系,编写了《实用超声治疗学》《治疗超声原理与应用》《临床超声治疗学》《超声治疗技术与临床应用》等供研究生教学使用的教材和参考书,在全国率先开设“超声治疗学”“超声治疗技术研究进展”等研究生课程。

2012 年 9 月,由重庆医科大学牵头,复旦大学、重庆大学、中国科学院深圳先进技术研究院等单位共同组建了我国首个“微无创医疗原创大型装备协同创新中心”,被重庆市教委和重庆市财政局共同认定为“重庆市 2011 计划协同创新中心”,使研究生人才培养模式改革有一个高的起点。

3.2 开展多种国际交流活动,培养研究生的岗位胜任能力

近年来,重庆医科大学生物医学工程学院充分发挥“海扶团队”在国际竞争及合作中的优势和影响,通过多种形式引导研究生了解学科前沿,不断提升研究生创新能力,拓展研究生的国际视野。一是积极引导学生参与国际交流,了解学科前沿。连续 6

年,重庆医科大学举办超声无创治疗“大家”暑期论坛;并积极承担教育部研究生教育创新计划项目,先后承办了 2008 年教育部、国家自然科学基金委员会主办的超声治疗学全国研究生暑期学校,2009 年教育部主办的西南地区研究生教育创新平台建设项目。每年邀请来自世界各地,分布在理、工、医等领域,跨越多学科和专业的研究生 200 余人参加,并特别邀请国内外超声医学、生物医学工程领域著名的专家前来授课和研讨,通过名师的榜样示范作用,培养学生的职业素质。二是邀请国际上本领域的知名专家来校讲学,开拓研究生专业视野。每学年为研究生举办 5~7 场学术讲座,包括邀请原德国西门子公司 MRI 全球总裁、现法国居里夫人实验室主任等国际一流企业家、学者。让研究生接触超声治疗、生物医学工程的学科前沿,感受学术和科研氛围,激发他们创新和创业的热情,培养他们的批判性思维。三是由于重庆医科大学 HIFU 技术在国内外的重要影响,常有超声治疗国际学术会议在重庆召开。安排研究生担任“志愿者”,使其深度接触国外专家、学者,促其不但提高外语水平,同时了解超声治疗技术在国外的应用情况,以及国外专家对 HIFU 无创治疗的评价,开拓研究生的国际视野[5]。

3.3 为学生到国外学习、培养创造条件,培养国际型人才

一是发挥重庆医科大学与日本、意大利、英国、德国等 16 个国家 HIFU 技术用户单位的合作优势,选派研究生参加英国牛津大学丘吉尔医院、欧洲癌症中心等国外用户医院超声微无创治疗技术临床支持工作,提高研究生独立工作能力,开拓微无创治疗的国际视野。二是重庆医科大学与美国 Vermont 大学、英国牛津大学、英国邓迪大学等建立了人才合作培养联系,并定期选派优秀的研究生到国外学习、开展学位课题研究,已经形成双方定期互访的长效机制。

4　研究生创新教育模式显著提升研究生培养质量

围绕适应医疗器械发展需要的医、理、工交叉复合型人才培养目标定位,进一步提高研究生就业率和用人单位对毕业生的满意率,使研究生初步具备在全球相关专业中求职应聘的竞争力,并在国际国内产生一定的辐射和示范作用。

4.1 毕业生填补了我国及国际超声治疗领域人才培养的空白

重庆医科大学产学研用高层次人才培养模式的成功实践,增强了研究生创新意识、实践能力和职业素质,提高了研究生培养质量。近 3 年,生物医学工程专业研究生一次性就业率为 100%,学生就业去向以国内外医疗器械的研发和使用单位为主。这些毕业生填补了我国及国际超声治疗领域设备研制及临床应用高层次人才培养的空白,受到用人单位好评[6]。

产学研用深度融合使研究生教育质量工程和教学改革取得显著成果:一是面向研究生开设的“超声治疗技术研究进展”获评重庆市研究生教学优质课程、“超声治疗学”获评重庆市精品课程。二是“超声治疗教学团队”获评 2010 年重庆市高等学校市级教学团队。三是教学改革生机勃勃,成效显著,近三年获得重庆市研究生教育教学改革研究重大课题 1 项、一般课题 1 项,获得重庆市重大教改课题 1 项、重点课题 2 项、一般课题 1 项;已获重庆市教学成果一等奖 1 项,重庆医科大学教学成果一等奖 2 项、二等奖 2 项。

4.2 研究生培养模式发挥了积极的推广、辐射作用

近 10 年,重庆医科大学招收了生物医学工程专业硕士、博士研究生 150 余人,该专业研究生论文获评重庆市优秀博士、硕士论文 5 篇,研究生在校期间发表 SCI、EI 收录论文 100 余篇,研究生在读期间参加国际会议并口头发言的达 20 余人次。

重庆医科大学在超声治疗领域医工结合、产学研用联动的办学模式,受到国内兄弟院校的关注,学科带头人王智彪教授等应邀到北京大学、北京航空航天大学、上海交通大学、复旦大学等 30 余所高校介绍经验,受到一致好评。英国牛津大学、美国哈佛大学、香港中文大学、清华大学、西安交通大学、第四军医大学等 20 余所高校的领导和同行前来参观交流,起到很好的推广、辐射作用[7]。

4.3 受到中央和地方政府领导以及主流媒体的高度关注,产生重大的社会影响

针对重庆医科大学超声治疗领域产学研用平台, 习近平等中央领导和重庆市各级领导多次前往视察,给予充分肯定。人民日报 2010 年 9 月 3 日头版头条以“中国领跑无创治疗”为通栏标题发表长篇报道,对重庆医科大学坚守产学研用联动创新体系、

·研究生教育·

应用 T-PACS 提高临床医学八年制学生影像学判读能力

朱嘉琦　孙丽君　王艺伟　徐茂锦　赵仙先

【摘要】 目的　探讨如何在临床医学八年制学生影像学教学中，建立并应用教学图像存储和传输系统(teaching-picture archiving and communication system，T-PACS)的方法和效果。**方法**　将 60 名临床医学八年制学生分为对照组(传统教学)和实验组(传统教学结合 T-PACS)进行影像学临床教学。针对实验组制作多媒体教学片，实施临床读片教学，结合 T-PACS 建立图像数据库；设立阅览室，增加课堂教学及以问题为导向的课后作业。针对两组学生实施识图能力客观考核和教学满意度问卷调查，比较教学效果。计量资料以均数 ± 标准差表示，两组学生读片能力考核总分比较行 t 检验。**结果**　实验组学生客观读片能力明显提高[对照组成绩(86.92 ± 4.68)分，实验组成绩为(90.08 ± 4.52)分]，差异具有统计学意义(P=0.010)；在呼吸科和骨科考题方面两组学生的满分率差异具有统计学意义(P=0.006；P=0.035)。问卷调查提示，大多数学生对应用 T-PACS 参与影像学教学表示肯定和支持。**结论**　在八年制影像学教学中，应用教学专用的 T-PACS 能提高教学质量，值得进一步推广。

【关键词】 教学图像存储和传输系统；　临床医学；　八年制；　影像学教学

【中图分类号】 R445

DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2014.02.006

基金项目：第二军医大学教育研究课题基金(JYC2013022)；第二军医大学附属长海医院教改基金(CHJG2013011)；中华医学会医学教育研究立项课题(2012-KY-4)

作者单位：200433　上海，第二军医大学附属长海医院内科教研室

通信作者：孙丽君，Email：13816991588@126.com

缔造持续创新发展之路的经验进行了介绍；中央电视台、重庆日报、科技日报、健康报等媒体也陆续展开相关报道，产生了很大的社会影响[8]。

研究生培养模式创新是提升研究生培养质量的重要手段，也是当前研究生教育的一项紧迫任务。探索创新能力强、具有国际视野、医工交融的复合型生物医学工程专业研究生人才培养模式，旨在将产学研用平台引入研究生培养，以切实提升研究生培养质量。

参考文献

[1] 戚涌. 内生增长理论与高校产学研结合创新研究[J]. 江苏高教，2007(2)：134-136.

[2] 黄睿彦. 论在高等医学教育中科学推进产学研结合[J]. 南京医科大学学报：社会科学版，2008，8(3)：246-249.

[3] 雷寒. 海扶模式：高校产学研有效结合的生动范本[J]. 中国高校科技与产业化，2008(11)：14-17.

[4] 杜永洪，周兰，李发琪，等. 医疗器械的研究开发过程中人才培养的探讨[J]. 医学教育探索，2007，6(5)：405-406.

[5] 王智彪，白晋，杜永洪，等. 实行产学研一体化，创新本科办学模式的探索[J]. 中国大学教学，2010(5)：88-90.

[6] 雷寒，王智彪，杜永洪，等. 微无创医学人才培养体系的创建与实践[J]. 中华医学教育探索杂志，2012，11(9)：877-880.

[7] 李发琪，曾德平，王华，等. 产学研紧密结合　建设超声治疗学课程的探索与研究[J]. 中国高等医学教育，2011(7)：49-50.

[8] 白晋，杜永洪，王智彪，等. 开展学生创新教育课外实践活动内容及评价的探索[J]. 医学教育探索，2010，9(4)：483-486.

(收稿日期：2013-09-18)

(本文编辑：胡永国)