

《生物医学材料学》线上线下混合式课程的建设与实践

阳范文¹, 寇晓霞², 莫光权¹, 田秀梅¹, 朱继翔¹

1. 广州医科大学生物医学工程学院, 广东广州;

2. 广州医科大学金域检验学院, 广东广州

DOI: 10.62836/jer.v4n7.1315

摘要: 生物医学材料学课程内容多、课时少、交叉强, 学生的学习效果不理想。教学团队探索线上线下混合式教学模式, 拍摄知识点视频和研发虚拟仿真实验项目构建线上教学资源, 更新教学理念, 重构知识点流程, 创新教学方法。挖掘知识体系中天然科学理性价值观, 践行立德树人。通过科教融合丰富教学内容, 精选临床应用案例强化医工结合, 采取启发式、讨论式、案例式等手段提高学生学习主动性, 聚焦学生创新能力、研发能力和医工结合能力培养。实践结果表明, 开展线上线下混合式教学可提升教学效果、提高人才培养质量。

关键词: 生物医学材料学; 线上线下混合; 教学模式

The Construction and Practice of Online and Offline Hybrid Curriculum for Biomedical Materials Science

Fanwen Yang¹, Xiaoxia Kou², Guangquan Mo¹, Xiumei Tian¹, Jixiang Zhu¹

1.School of Biomedical Engineering, Guangzhou Medical University, Guangzhou, Guangdong;

2.KingMed School of Laboratory Medicine, Guangzhou Medical University, Guangzhou, Guangdong

Abstract: Due to the high content, limited class hours, and strong interdisciplinary nature of biomedical materials courses, students' learning outcomes are not ideal. The teaching team explores a mixed online and offline teaching mode, shoots knowledge point videos, and develops virtual simulation experimental projects to build online teaching resources, update teaching concepts, reconstruct knowledge point processes, and innovate teaching methods. The natural scientific and rational values were explored in the knowledge system, and moral education to cultivate people was practiced. The teaching content was enriched through the integration of science and education, clinical application cases were selected to strengthen the combination of medicine and work, to students' learning initiative was improved by adopting heuristic, discussion, case and other means, and the cultivation of students' innovation ability, research and development ability, and medical and work integration ability were focused in teaching process. The practical results indicate that blended online and offline teaching can improve teaching effectiveness and

*基金项目: 2023年度广东省级教学质量与教学改革工程-医疗器械现代产业学院项目, 2023年度广州医科大学大湾区医疗器械现代产业学院项目。

作者简介: 阳范文, 广州医科大学生物医学工程学院医学材料工程系主任, 教授。

enhance the quality of talent cultivation.

Keywords: biomedical materials; online-offline blended; teaching model

2019年教育部颁布《关于一流本科课程建设的实施意见》,旨在贯彻落实习近平总书记关于教育的重要论述和全国教育大会精神,贯彻新时代全国高等学校本科教育工作会议要求,深化高等教育的教学改革[1]。其中,课程改革是人才培养的核心要素之一,建好建强课程是提升人才培养质量最根本和最坚实的保障[2]。为了实现教育强国的中国梦,提升教育质量现已成为高等教育内涵式发展的核心要求[3]。教育质量的根本落脚点在于大学课程,它架起了现代大学与社会进步、科技发展的桥梁,直接影响大学生的个人发展和职业生涯。因此,开展一流课程的建设不仅是当前高等教育强国之路的重要举措,也是每一所高校、每一位教师肩负的历史重任。

生物医学材料是生物医学工程专业——材料方向的主干课程,该课程介绍生物医用材料的基本概念和相关原理,着重讲述医用金属材料、医用高分子材料、医用陶瓷材料、医用复合材料、仿生材料和纳米材料的化学结构、性能特点和临床应用,同时介绍了其在药物控制释放、组织器官的替代修复、组织工程支架和组织诱导再生等领域的研究和应用进展[4]。该课程架起材料科学理论与临床应用之间的桥梁,是学生未来从事科学研究和产品研发的重要基础,对学生的创新能力、研发能力和工程应用能力培养具有基础性地位和主导性作用。本课程共48学时,理论32学时,实践16学时。由于涉及材料、化学、物理、生物和医学等多门学科,内容多、范围广、交叉强,学生反馈学时不够、学习难度大、效果不理想。

1 课程建设思路

对标生物医学工程国家一流专业建设要求,分析我校学情现状,教学团队多次讨论后对课程建

设进行改革:秉持“扎实基础,面向临床,医工结合,科教融合”的教学改革理念,以立德树人和提高人才培养质量为生命线,以培养具备良好科学素养和宽广国际视野,具有较强创新能力、研发能力和医工结合能力的高素质复合型新工科人才为课程改革目标[5]。

针对本课程内容多、难度大、学时少的情况,为了提高教学效果,教学团队对课程内容、教学设计和授课方法进行创新。一是将信息技术引入课程建设中,建设线上教学资源,拓展学生学习的时间和空间,开发出集趣味性和应用性于一体的知识点视频,自主研发虚拟仿真实验项目,外购置虚拟仿真软件,开展线上线下混合、虚实结合的教学改革探索;二是将本领域最先进的科研成果融入教学内容[5],注重将我校呼吸学科领域科研成果转化为实验教学内容,精选生物医学材料与临床应用紧密结合的案例,强化我校优势学科——呼吸疾病诊疗“医工结合”特色;三是以临床应用目标为牵引进行知识点流程重构,针对本课程涉及的各种医用材料的教学,传统的教学方法是:材料组成→性能特点→加工方法→临床应用,教师导课时没有对材料的应用目标进行介绍,学生表现为兴趣不高和理解困难,而以临床应用目标为牵引的知识点流程重构是以学生熟悉的医疗器械导入课程,如一次性医用输液管为例,引发学生思考该医用输液管的化学组成、性能特点、生物相容性要求?一开始就让学生明确学习的目的和意义,然后再讲解材料组成、性能特点,再引出构效关系和生物相容性(材料与生命体各组织间的相互作用)等重点和难点内容,从而激发学生的学习兴趣;四是增加综合性实验内容,将生物材料制备和性能测试等验证性实验采用线上线下混合式教学完成,从而

留出更多的时间给学生进行综合性实验，以疾病的预防、诊断和治疗所需医疗器械为实验设计内容，要求学生以小组（3-4人）形式完成一个小型医疗器械研发：临床需求→结构设计→材料筛选→器械加工→样品制备，让学生体会到学习的价值和意义。

2 课程资源建设

在理论教学资源方面，将信息技术、人工智能应用于理论教学资源建设中，针对课程的难点和重点内容，开发出集理论性、趣味性和应用性于一体的视频和动画，提高学生的学习兴趣。针对医用高分子、医用陶瓷、医用金属、医用复合材料和仿生材料这五大模块，筛选出临床应用的典型医疗器械为课程内容导入点，按照“临床应用→性能要求→材料组成→加工方法→生物相容性→构效关系”的流程进行知识点重构。

在实验教学资源方面，教学团队总结我校生物医学工程18年的教学经验，编写并正式出版了《生物医学材料综合性实验》教材，涵盖生物材料的合成制备、成型加工、性能测试、虚拟仿真实验、综合性和设计性实验等40个实验项目[6]。购置材料力学性能虚拟仿真软件，将最新科研成果融入实验教学，自主研发综合性虚拟仿真实验教学软件《医用组织补片的熔体电纺三维打印》和《TPU载药气道支架产品研发》（分别来自广东省重大科技项目和国家自然科学基金项目成果转化），为线上线下混合式的综合性实验教学奠定基础。线上实验教学资源丰富后，实验室对本科生实现全天候开放，从而拓展课程实验时空。

在课程师资方面，以学校的4名专业骨干教师为主，同时聘请医院大夫、企业工程师和研究所科研骨干共同承担授课任务。此外，在课程后期邀请国内外专家开展生物医学材料与临床应用相关的学术讲座，借力广州实验室和呼吸疾病国家重点实验室的国内和国外专家拓展课程师资，将我校呼吸疾病及其临床应用的学科优势转化为课程的师资优势。将学生参与学术讲座、撰写心得体会等内容纳入平时成绩考核范围，拓宽学生的科研视角和国际

视野。

3 教学方法探索

3.1 探索线上线下混合式教学，拓展学习时空，提高教学效率

在理论课程方面，为了帮助学生更好地理解生物医学材料的理论知识及其临床应用场景，教学团队将生物相容性、陶瓷增韧、聚乳酸、纳米材料、仿生材料、组织工程等12个重要知识点拍摄成短视频，在广州医科大学e学中心建立了《生物医学材料》在线课程。要求学生在上课前进行预习，方便学生自主学习和课后巩固需要，引导学生主动学习的精神。

在实验课程方面，充分利用力学生物材料力学性能虚拟仿真实验教学系统，让学生课前在网上完成拉伸性能、冲击性能、剪切性能和扭转性能的虚拟仿真操作学习，通过在线考试合格后再进入线下实验室实操，从而提高实验效率，节约实验时间用于综合性实验。对于综合性实验的教学，教师提前在网上公布组队情况和每个小组的研究目标，然后小组自行查阅资料，小组线上开展讨论后完成初步的实验方案，提交给教师审核通过后再开展线下实操。实操完成后，以学生为主体、教师为引导的方式进行线上开展小组互评和交流讨论，总结实验研究过程，凝练产品研发要点。

3.2 优化教学流程引导学生主动学习，强化科教融合培养创新能力和科研素养

在“临床应用→性能要求→材料组成→加工方法→生物相容性→构效关系”知识点流程重构前提下，创新理论教学方法，优化理论教学流程，让学生以一个全新的视角进入学习，积极主动置身于教学全过程。采取启发式、讨论式、案例式教学等手段开展课堂教学，让学生成为课堂的主导者、教师成为课堂的引导者，提高学生学习的兴趣和主动性。

在具体教学实施过程中，以强化科教融合为抓手，全面培养学生的创新能力和科研素养。首先，教师应将理论知识、实验内容与教师的科研项目、

学生的创新创业项目有机融合,让学生感受课程学习与目前开展的创新创业项目、未来从事的科学研究及产品研发之间的紧密关系,激发学生的学习热情;其次,吸引和动员学生参与教师的科研项目,让学生在科研过程中体验运用理论知识去解决科研实践问题的方法和技巧,从而培养学生科研兴趣、培育科研素养,获得教学促进科研、科研反哺教学的科教融合效果;最后,邀请广州实验室、呼吸疾病国家重点实验室的国内外专家开展与课程内容紧密结合的学术讲座,让学生体会到生物医学材料在解决科研难题和预防新冠等传染性疾病方面获得的卓越成果和作出的重大贡献,从而树立学生的专业自信,培养学生的社会责任感。

3.3 聚焦人才培养目标,注重研发能力和医工结合能力培养

教师在讲授生物医学材料结构和性能等理论知识的同时,要不断植入产品研发、工程转化和临床应用的理念。通过综合性实验,进一步巩固理论知识,培养创新能力,提高研发能力。实验过程中要注重引导学生思考,善于应用新材料、新技术解决临床和应用难题,在教学实践中不断锤炼和提升“

医工结合和科教融合”的课程特色。

通过《医用组织补片的熔体电纺三维打印》和《TPU载药气道支架产品研发》两个线上线下混合式综合实验,要求学生应用课程的理论知识和实验方法完成上述两个医疗器械的产品研发。在综合实验的资料查阅阶段,要引导学生正确把握生物材料的前沿发展动态,深入了解生物材料在生物医学工程、生物技术和临床医学等领域的地位和作用。在开展综合性实验的教学过程中,要注重学生的基本实验技能和专业技能训练,聚焦学生的创新能力、研发能力和医工结合能力培养,为学生未来从事科学研究和产品研发奠定基础。

3.4 课程思政巧妙融合,润物无声立德树人

通过设计“平台、体验、引导、评价和融合”五个环节开展课程思政,先根据生物医学材料学科的特点确定整体德育任务和内容,再依据章节知识点确定具体的德育内容,本课程的思政设计与教学方法见表1。

在教学过程中,教师应将思政教育内容与课程知识点元素“润物无声”地巧妙融合,重点发掘知识体系中天然自带的科学理性价值观,实现立德树

表1. 课程思政设计与教学方法

序号	教学内容	课程思政目标	教学方法
1	生物医用材料的生物学评价	材料与人体组织的相容性和人与环境、人与周围群体的关系有机联系,从材料生物相容性好,才能被机体组织接受,引申出一个人必须与环境、集体和睦相处,弘扬社会主义核心价值观——“和谐”。	e学中心预习,观看视频,课堂讲授
2	纳米生物医学材料	介绍静电纺丝技术制备的纳米纤维可用于N95口罩在新冠疫情防控中的重要作用,引出钟南山院士为新冠疫情防控做出的重要贡献,弘扬南山精神——勇于担当的家国情怀、实事求是的科学精神、追求卓越的人生态度。激励学生以钟院士为榜样,勇于担当,奉献社会。	e学中心预习,课堂讲授
3	生物医用高分子材料	生物医用高分子材料通过改性实现强韧化,对其性能显著影响。联想中华文明能够成为四大文明之一并被延续至今,最重要的原因就是中华民族的勤奋和韧性,从而增强学生文化自信,激励奋斗精神。	e学中心预习,课堂讲授
4	复合材料	通过国产大飞机C919试飞成功,引入复合材料在大飞机和航天领域作用,激发学生的民族自信心和认同感。结合大飞机项目和高铁等事件,让同学深切感触社会主义制度在保障民生和重大问题的优点,弘扬社会主义制度的优越性。	e学中心预习,观看视频,课堂讲授
5	生物材料的表面和界面	介绍材料表面改性的重要技术——电镀,虽然能赋予制品靓丽外观,改善其耐磨、耐腐蚀性能,然而对环境污染大,很多企业已经关停并转,必须研发环保新技术,宣传绿色青山就是金山银山的绿色发展理念。	e学中心预习,观看视频,课堂讲授
6	仿生材料	通过蜘蛛丝和蚕丝仿生材料介绍,引出中国古代闻名于世的“丝绸之路”,彰显中国古代文明对世界文明的作用和影响,增强学生的民族自豪感和自信心。	e学中心预习,观看视频,课堂讲授

人[7]。例如在讲授生物相容性的时候，就可以把材料与人体组织的相容性和人与环境、人与周围群体的关系有机联系，从材料的生物相容性好，才能被机体组织接受，引申出一个人必须与环境、集体和睦相处，弘扬社会主义核心价值观的“和谐”——一个人与自然、与集体、与社会、与国家都要和谐，才可以人人各得其所，社会井然有序。

3.5 课程考核改革

本课程开展了全学程评价，将形成性评价与终结性评价相结合，对学生进行全方位考核，具体见下表2。

4 教学实践成效

开展线上线下混合式教学改革后，学生对本课程的满意度达到98%，教学督导评价为优秀，学生评教平均分为96。2020年、2021年、2022年该课程考试一次性通过率分别为92%、95%和100%，平均分逐年提高。毕业生的理论扎实、实验技能强、具有创新思维和勇于开拓的精神，颇受用人单位欢迎。

本课程改革后，很多同学对生物材料产生了浓厚的兴趣，积极参加大学生创新创业项目。近3年，学生获得创新创业立项24项（其中国家级2项、省级5项），获创新创业和学科竞赛奖励42项（其中国家级3项、省部级14项），发表论文17篇，申请专利24件，累计有18位同学考取了生物医

学材料方向的硕士研究生。
本课程教学改革成效明显，2022年被认定为广东省一流本科课程。教学改革过程中团队成员主持教改项目5项，发表教改论文6篇，编写并出版教材2部，获得广东省教育厅教学成果二等奖和校级教学成果一等奖各1项，被授予校级黄大年式教学团队和校级课程思政教学团队称号。

5 结语

以“扎实基础，面向临床，医工结合，科教融合”的原则对课程理念、内容和设计进行创新，通过知识点流程重构激发学生学习兴趣，建设知识点视频和虚拟仿真实验项目等丰富线上教学资源，将本领域最先进的科研成果融入并丰富教学内容，精选生物医学材料与临床应用紧密结合的案例引导学生深度思考。将思政教育内容与课程知识点元素有机融合，重点发掘知识体系中天然自带的科学理性价值观，在开展专业教学过程中实现润物无声、立德树人。采用线上线下混合式教学方法拓展教学时空、提高教学效率,巧妙运用启发、案例和讨论等手段引导和激发学生的学习兴趣 and 主动性,采取全学程、多方位的形成性考核方法创新评价方式。强化“医工结合和科技融合”课程特色，将课程内容与教师科研项目、学生大创活动有机融合，全面培养学生的创新能力、研发能力和医工结合能力，在教学实践中获得了良好的改革效果。

表2. 《生物医学材料学》课程评价体系

评价方法	评价主体	评价形式与措施	权重（%）
形成性评价	学生自评	自我反思和讨论	2.5
	学生互评	相互比较和讨论	2.5
	教师评价	A.线上学习、课堂学习等观察和反馈	5
		B.平时作业、学术讲座与心得体会	10
		C.线上实验与线下操作能力	10
		D.实验报告	10
		E.课程论文与课堂讨论	10
终结性评价		F.期末理论考试（百分制）	50
课程总评成绩			100

参考文献

- [1] 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[EB/OL]. (2020-05-28) [2021-02-23]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.htm.
- [2] 吴岩. 建设中国“金课”[J]. 中国大学教学, 2018, (12): 4-9.
- [3] 周洪宇, 李宇阳. 习近平总书记教育重要论述的新发展——党的二十大报告关于教育的系列新论述研究[J]. 国家教育行政学院学报, 2023, 302(02): 7-15+70.
- [4] 郑玉峰, 李莉. 生物医学材料学[M]. 西北工业大学出版社, 2009.
- [5] 阳范文, 章喜明. 医疗器械研发管理与创新创业实践[M]. 华南理工大学出版社, 2021.
- [6] 阳范文, 陈晓明, 田秀梅等著. 生物医学材料综合实验[M]. 科学出版社, 2020.
- [7] 舒迎花, 王建武, 章家恩. 农学类专业课程思政教学模式与方法探索——以“农业生态学”为例[J]. 中国大学教学, 2022(1): 63-68.

