·教学改革·

医工融合背景下医电交叉案例教学及其在教学上的实践

成立[1]　唐紫薇[2]　赵学童[1]　杨丽君[1]　余亮[1]

[1]重庆大学电气工程学院，重庆　400044；[2]重庆医科大学附属第一医院内分泌内科，重庆　400042

通信作者：成立，Email：chengl16@cqu.edu.cn

【摘要】 本研究以医学与电气工程学科的融合为例，介绍了医电交叉融合的教学方法及近3年的教学实践经验。从学情特点分析、教学导入流程、案例讨论分析及课后追踪提升等环节着手，分析了医电交叉教学特点，并提出了相应的教学方法与配套案例。初步探索表明，该教学方法可以提升学生的综合能力，特别是多学科思维能力，具有一定的正面效应。

【关键词】 医工融合；　医电交叉；　生物电磁效应；　创新创业；　实践

【中图分类号】 R-05

基金项目：重庆市高等教育教学改革研究项目（213039、213048）

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220311-01266

与职务晋升、职称评聘、任职培训等挂钩。各部队组织单位要关注官兵的参与度、在线登录次数，分析官兵学习效果，根据视频的观看情况从各个方面不断优化评价体系。教师可根据论坛交流答疑情况、学习完成情况等，对其进行相关的统计分析，以此清楚地知道学员关注的重点、难点和存在的共性问题等，形成课程的客观评价数据，为教学模式改革提供坚实的数据支撑和快速的效果反馈。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　张玲、郑传芬、卢路、窦雄、雷恩宇、荣红辉：提出论文构思、撰写论文；陈济安、倪平：总体把关、审订论文

参考文献

[1] 吕艳军. 现代教育技术在军事职业教育中应用的前景展望[J]. 中国现代教育装备，2019(7)：101-103. DOI: 10.13492/j.cnki.cmee.2019.07.037.

[2] 龚正，张忠义. 汽车士官军事职业教育课程体系构建[J]. 军事交通学院学报，2018，20(2)：67-70. DOI: 10.16807/j.cnki.12-1372/e.2018.02.015.

[3] 孙阳，廖育荣，王鹏. 军队院校在线课程建设的探索与思考[J]. 继续教育，2018，32(10)：52-53. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9720.2018.10.017.

[4] 程治新，张瑞，徐宝梅，等. 基于MOOC的军事职业教育课程资源体系构建浅议[J]. 教育教学论坛，2020(7)：374-375.

[5] 赵继勇，王向东，卢麟. 军事职业教育在线课程建设刍议：以“陆军野战光通信”课程为例[J]. 高等教育研究学报，2019，42(1)：72-76，101. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2019.01.011.

[6] 唐九阳，周广新，郑龙，等. MOOC：军事职业教育的机遇与挑战[J]. 高等教育研究学报，2013，36(3)：9-11，15. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2013.03.003.

[7] 梁健玲，郑劲平，王新华，等. “新型冠状病毒肺炎防控”慕课的建设与实践[J]. 中国医学教育技术，2020，34(4)：458-462. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202004015.

[8] 刘吉敏，王长柏. 精品线下开放课程在课堂教学改革中的应用：以安徽理工大学“土木工程施工技术与管理”为例[J]. 煤炭高等教育，2019，37(3)：114-120. DOI: 10.16126/j.cnki.32-1365/g4.2019.03.020.

[9] 王志勇，解斐斐，刘健辰. “数字摄影测量学”在线开放课程建设与实践[J]. 测绘工程，2020，29(5)：77-80. DOI: 10.19349/j.cnki.issn1006-7949.2020.05.014.

[10] 徐伟，王云峰，孙东媛. 高校推广在线课程的障碍及其突破[J]. 牡丹江教育学院学报，2019(9)：24-26，53. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2323.2019.09.009.

（收稿日期：2020-10-01）

（本文编辑：唐宗顺）

Medical-electrical cross-case teaching and its teaching practice under the background of medical-industrial integration

Cheng Li[1], Tang Ziwei[2], Zhao Xuetong[1], Yang Lijun[1], Yu Liang[1]

[1] School of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China; [2] Department of Endocrinology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400042, China

Corresponding author: Cheng Li, Email: chengl16@cqu.edu.cn

【Abstract】 This paper introduces the teaching method of medical-electrical cross-integration and the teaching practice experience in the past three years by taking the integration of medicine and electrical engineering as an example. Starting from the analysis of the characteristics of learning situation, the teaching introduction process, the case discussion and analysis, and the after-class tracking and improvement, this paper analyzes the characteristics of the medical-electrical cross-teaching and proposes the corresponding teaching methods and supporting cases. Preliminary exploration attempts show that this teaching method can improve students' comprehensive ability, especially multidisciplinary thinking ability, and has a certain positive effect.

【Key words】 Medical-industrial integration;　Medical and electrical cross;　Bioelectromagnetic effect;　Innovation and entrepreneurship;　Practice

Found program：Chongqing Higher Education and Teaching Reform Research Project (213039，213048)

DOI：10.3760/cma.j.cn116021-20220311-01266

21世纪以来，随着各行业对信息化、智能化要求的不断提高，各传统学科之间及传统学科与新兴学科之间的界限日趋模糊，在多领域知识交叉融合的催化下，各行业正开始掀起一场“新工业革命”[1-2]。在科学研究上，医工融合已发展成为新方向与新趋势。医学与电气学科在历史上存在许多交融基础[3-5]。医学及电气工程专业的专家学者也开始深入探寻生命中的电磁现象，形成了生物电工技术等交叉新方向，同时拓宽了医学及电气学科的研究维度，在生命健康检测、诊断及治疗领域作出了积极贡献。在医工融合的大背景下，探讨医电交叉教学模式，对于培养适应于“新工业革命”的高水平复合人才，完成国家对于高校建设“新医科”“新工科”的要求具有重要的意义[6-7]。

1　学情特点分析

尽管在科研领域，传统医学与电气学科已有较多的交叉共融，但在教学领域，学生认知上仍存在较强的学科壁垒。医科类课程专业性强，通常拥有众多的附属医院，极为注重实践教学，且具有极强的系统性；与此同时医科专业学生就业目前仍以各级医疗体系为主，较少有跨学科领域就业的成功经验。相应地，电气学科学生也存在类似问题。学生无论是从学业繁重程度还是就业引导方向等各方面，都较难以体会医电交叉领域知识的重要性。这为相关教学活动的开展带来了一定的不利条件。因此，无论是在相关教学内容的导入环节、展开讨论环节，还是课后的追踪提升上都需要进行特别设计。在初期实践中，研究者主要在高电压试验技术课程中进行尝试。其为本科生第6学期的核心课程，学生已有较为扎实的电气学科的基础，且有较为宽阔的视野，已能接受跨学科融合的知识教学。

2　医电交叉教学导入环节设计

为提升学生学习兴趣及对相关知识内容的重视程度，引导学生更好、更主动地参与医电交叉教学环节，研究者设计了回顾历史、分析趋势、展望未来与结合自身的4层引导教学步骤。在课堂教学中，首先回顾历史，即面向学生讲解交叉学科的简要发展历程，如向医科学生讲解电气学科的发展历史及向电气学科学生讲解医学的发展历史等。以此初步消除学生内心的学科隔阂感，同时激发学生了解其他学科知识的愿望。在学生已初步了解交叉学科后，将进一步着重介绍目前医工融合的历史背景与现实意义，强调新医科、新工科建设在“第四次工业革命”中的重要性。以此使学生了解新时代

对于医工深度融合的复合型人才的迫切需要，也让学生认识到基于医工融合的持续创新是新一代医科人、电气人的历史使命，进一步提升学生的学习热情。此外，还将概括介绍未来信息化与智能化的新型医疗技术，以及融合工程思维对于提升医疗技术水平的重要意义。最后结合学生的自身情况，介绍医工结合、医电结合对于学生就业的重要作用。

最后一部分结合自身的内容，是学生最为关切的问题。在教学实践中，研究者以生物医学工程所培养的学生为例进行讲解。该专业的学生同时掌握医学及电气领域知识，在就业后不仅可以进入传统的医学、电气领域，还有很多进入了智能医疗、互联网医疗、高端医疗设备研发机构等各类新兴产业。与传统医科或工科学生相比，他们具有的优势在于可以更快地理解不同学科间需求，迅速适应市场需求；同时长期交叉学科的思维培养也使他们在解决实际问题时，具有更开阔的视野与思路。这些优势使该方向的学生在就业市场上供不应求，深受用人单位的好评。

3　医电交叉展开讨论环节

如前所述，无论是医科还是电气学科均有极为完备的理论与实践体系。目前，医电交叉在某些前沿领域已做出了一些重要的标志性成果，但在基础理论上仍有待完善。同时，由于两个学科的基础课程设置存在较大的差异，贸然引入专业性过强的理论教学将给学生的学习理解带来极大的负担，容易磨灭其兴趣。因此，在医电交叉的具体教学实施上，案例式教学模式更易被广大学生接受。该环节与导入环节共占 2 个课时。

3.1　生命体征检测与健康诊断方面

在检测与诊断方面，医电交叉取得的成果较多，如基于电阻率的体脂测试等。同时，在课程学习中，也可对一些较为前沿的科技成果进行介绍，进一步提升学生的学习兴趣、开阔学生视野。例如，介绍太赫兹技术在医学中的应用（图 1）。太赫兹是频率在 0.1~10 THz 范围内的电磁波，其在物性检测方面应用广泛。由于众多生物大分子的转动或振动频率都处于太赫兹频段，因此其也被用于生物组织的鉴别。在分子生物学方面，可以利用太赫兹波鉴定蛋白质、核酸及多糖复合物；在细胞生物学方面，可以利用太赫兹波分析不同脂肪细胞的形态和生物活性[8]；在临床医学的教学中，可以利用太赫兹波判别足底溃疡的定位、深度、范围及治疗前后局部微环境（水环境）的变化等。

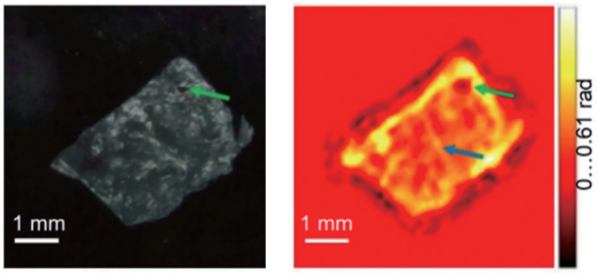


图 1　肝癌组织的太赫兹成像

3.2　生命活动干预与疾病治疗方面

除了生命体征检测与健康诊断方面，医电交叉在生命活动干预与疾病治疗方面也有许多成功案例。癌症一直威胁着广大人民群众的身体健康，研究人员尝试了化疗、放疗、热疗等众多途径，期望有效地杀死癌细胞。21 世纪初，研究人员发现，当癌细胞承受高强度电脉冲时，细胞膜将出现不可逆的电穿孔，并导致癌细胞的凋亡。经过 20 年的不懈研究，目前国际上第一台复合陡脉冲电穿孔消融肿瘤设备已面世（图 2），并通过了国家药监局三类医疗器械的注册检验，且成功治愈了 40 例前列腺癌患者，为癌症的治疗带来了新的思路[9]。

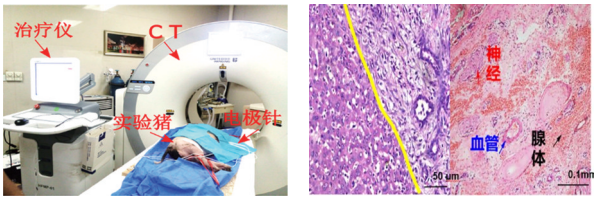


图 2　肿瘤靶向消融试验结果

3.3　公共卫生安全方面

空气中病毒的高效消杀是控制疫情的一个重要手段（图 3）。研究人员最近也综合医学与电气方面的成果，提出了一种综合运用高压放电产生的等离子体及脉冲强电场来灭杀新冠病毒的技术。基于该方法形成的电脉冲装置，可以被内置于中央空调中，通过楼宇的空气循环系统，自动消杀空气中可能存在的新冠病原体，运行单小时灭菌率即可达到 90%[10]。现在该方法已在清华大学等地得到了示范应用。

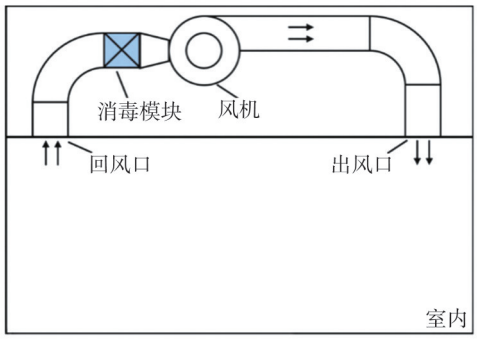


图3　空气消杀示意图

4　医电交叉课后追踪提升环节

交叉学科知识由于存在难以考核、覆盖面大而深度不够、教学时为引发学生兴趣多以科普类为主等情况，因此学生对于知识的遗忘率较高。同时，在教学活动中引入交叉学科知识，其根本目的也是拓宽学生视野，鼓励学生在交叉领域开展研究，合理利用不同学科知识来解决问题，最终达到1+1>2的效果。因此，课后的追踪提升环节非常关键，其重要性甚至超过了课堂教学本身。

目前，创新创业教育已成为高等教育改革的重要突破口，培养学生的学科融合的创新思维也是“双创教育”的重要内核。因此，可以利用“互联网+”这一重要的赛事，通过跨学科、跨学校的组队参赛，引导学生去攻克一些多学科交叉融合的难题，可以有效地激发学生的创新思维能力。在实践教学中，通过课堂上医电交叉案例的讲述，初步引起了部分学生对于交叉问题的思考；随后鼓励电气工程专业的学生6人与临床医学专业的学生4人共同组队参与“互联网+”大赛，在合作参赛的过程中，进一步培养学生的综合素养。目前，第一批学生针对现有校园大学生心理方面“不求不助”的心理困境，综合运用医学领域心理健康诊断方法及电气领域多参数状态评估知识，将电气领域常用的多元数据融合算法运用到心理状态评估上，形成了参赛课题。该课题已得到了重庆大学“互联网+”重点培育项目的支持，取得了较好的实践效果与示范效应。

5　面临的问题

目前，医工结合、医电融合的教学方法仍处于探索阶段，仍有许多不成熟之处，尤其是课后的追踪提升方面。目前，依托的“互联网+”大赛等仍存在覆盖面小、对于大部分学生效果不佳等问题。同时，如何在学校层面建立跨学科、跨课程组的协同机制，共同调整传统课程的教学大纲，以适应新工科、新医科的建设要求，满足对于不同专业层次及教学对象的需求，也是需要进一步探讨的问题。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　成立、唐紫薇：论文构思、撰写论文；赵学童、杨丽君、余亮：整体把关、审订论文

参考文献

[1] 白玉芳，廖启云，高改梅. 第四次工业革命背景下高校就业指导课程改革探析[J]. 山西高等学校社会科学学报，2022，34(2)：54-58. DOI: 10.16396/j.cnki.sxgxskxb.2022.02.010.

[2] 王燕鹏，王学昭，陈小莉，等. 基于科技政策和前沿动态的第四次工业革命关键技术和举措分析[J]. 情报学报，2022，41(1)：29-37. DOI: 10.3772/j.issn.1000-0135.2022.01.004.

[3] Tiwana MI, Redmond SJ, Lovell NH. A review of tactile sensing technologies with applications in biomedical engineering [J]. Sens Actuat A Phys, 2012, 179: 17-31. DOI: 10.1016/j.sna.2012.02.051.

[4] Langer R. Biomaterials and biomedical engineering [J]. Chem Eng Sci, 1995, 50(24): 4109-4121. DOI: 10.1016/0009-2509(95)00226-X.

[5] Harris TR, Bransford JD, Brophy SP. Roles for learning sciences and learning technologies in biomedical engineering education: a review of recent advances [J]. Annu Rev Biomed Eng, 2002, 4: 29-48. DOI: 10.1146/annurev.bioeng.4.091701.125502.

[6] 左雅敏，王燕，王晓雯，等. “新医科”视角下医工融合在形态学创新实验课程建设中的探索[J]. 医学教育管理，2022，8(1)：112-116. DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2022.01.021.

[7] 郭金磊，曹璐莹，陈继超，等. 新工科视域下基于医工跨界融合的智能医学工程专业人才培养体系探索[J]. 科技风，2021(26)：60-62. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202126021.

[8] Hu Y, Guo LT, Wang XH, et al. THz time-domain spectroscopy on plant oils and animal fats [C]//Photonics Asia. Proc SPIE 5640, Infrared Components and Their Applications, Beijing, China. 2005, 5640: 334-340. DOI: 10.1117/12.580922.

[9] Dong SL, Wang HF, Zhao YJ, et al. First human trial of high-frequency irreversible electroporation therapy for prostate cancer [J]. Technol Cancer Res Treat, 2018, 17: 1533033818789692. DOI: 10.1177/1533033818789692.

[10] 郭云涛，张东荷雨，张丽阳，等. 新型冠状病毒等病原体空气消毒技术综述[J]. 清华大学学报(自然科学版)，2021，61(12)：1438-1451. DOI: 10.16511/j.cnki.qhdxxb.2021.25.004.

(收稿日期：2022-03-11)

(本文编辑：唐宗顺)