

## · 教学改革 ·

# 基于 CDIO 的高层次医工交叉创新人才培养的实践

袁力蓉<sup>1</sup> 马涛<sup>1,2</sup> 严小鹏<sup>1,2</sup> 胡良硕<sup>1,2</sup> 吴荣谦<sup>1</sup> 吴小健<sup>3</sup> 吕毅<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 西安交通大学第一附属医院精准外科与再生医学国家地方联合工程研究中心 710061; <sup>2</sup> 西安交通大学第一附属医院肝胆外科 710061; <sup>3</sup> 西安交通大学医学部人才培养处 710061

通信作者: 吕毅, Email: luyi169@126.com

**【摘要】** 西安交通大学医学院在医工交叉人才培养实践中引入 CDIO (conceive, design, implement and operate) 理念, 通过优化课程设置及研究生培养机制、搭建学术交流和创新实验平台、指导学生开展以临床问题为导向的科学研究, 用医工交叉的方法解决临床难题, 产生医学成果。CDIO 模式的应用, 有利于加深学生对交叉学科知识的理解、形成融合性的创新思维、提升分析和解决问题的能力及团队协作能力; 有助于高层次复合型创新人才成长、临床技术创新、团队建设及学科发展, 为探索医工交叉人才培养提供新思路。

**【关键词】** 医工交叉; CDIO; 创新人才培养

**【中图分类号】** R-05

**基金项目:** 陕西省科技统筹创新计划 (2016FWPT-01); 国家重点研发计划 (2018YFC0117100)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200301-00633

## Practice of high-level innovative talent training in medicine-engineering interdisciplinary based on CDIO

Yuan Lirong<sup>1</sup>, Ma Tao<sup>1,2</sup>, Yan Xiaopeng<sup>1,2</sup>, Hu Liangshuo<sup>1,2</sup>, Wu Rongqian<sup>1</sup>, Wu Xiaojian<sup>3</sup>, Lü Yi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>National-Local Joint Engineering Research Center for Precision Surgery & Regenerative Medicine, The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China; <sup>2</sup>Department of Hepatobiliary Surgery, The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China; <sup>3</sup>Department of Medical Education, Xi'an Jiaotong University Health Science Center, Xi'an 710061, China

Corresponding author: Lü Yi, Email: luyi169@126.com

**【Abstract】** Xi'an Jiaotong University Health Science Center introduces the concept of CDIO (conceive, design, implement and operate) into the training practice of medicine-engineering interdisciplinary talents. By optimizing the curriculum and graduate training mechanism, building academic exchanges and innovative experimental platforms, and guiding students to carry out scientific research oriented to clinical problems, Xi'an Jiaotong University Health Science Center uses medical and industrial methods to solve clinical problems and produce medical achievements. The application of the CDIO model is conducive to deepening students' understanding of interdisciplinary knowledge, forming a fused innovative thinking, and improving the ability to solve problems and cooperate with others. The CDIO model is also conducive to the growth of high-level composite innovative talents, clinical technology innovation, team construction and discipline development, which provides new ideas for exploring the training of medical and engineering interdisciplinary talents.

**【Key words】** Medicine-engineering interdisciplinary; CDIO (conceive, design, implement and operate); Innovative talent training

**Fund program:** Shaanxi Province Science and Technology Innovation Plan (2016FWPT-01); The National Key Research and Development Program of China (2018YFC0117100)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200301-00633



要实现“以人才强、科技强带动产业强、经济强、国家强”的目标,就要瞄准世界科技前沿,实现科技创新,取得引领性原创成果重大突破。以往各学科独自发展已经不能适应当今学科创新发展的需要<sup>[1]</sup>。学科联合攻关、协同合作是新形势下科技创新的必备条件,医学、工学、信息学协同创新是促进医学进步的重要动力,是培养综合性人才的重要途径<sup>[2]</sup>。在医学人才培养中,构建多学科集成与交叉的培养环境与机制,采用新的教育模式,提高学生学习知识与运用知识解决实际问题的能力,培养高层次复合型创新人才,已经成为高等医学教育亟待解决的问题。

## 1 CDIO 教育模式的概念及国内应用

CDIO 教育模式是国际工程教育改革的重要成果,代表构思(conceive)、设计(design)、实现(implement)、运作(operate),是以产品研发到产品运行全周期为载体,让学生以积极主动的方式学习,通过练习与实践将课程之间进行有机联系,综合培养学生的基础知识、个人能力、人际团队能力和系统调控能力,达到预定培养目标<sup>[3]</sup>。2005 年汕头大学工学院国内首次引入 CDIO 教育模式。CDIO 模式经过数十年的发展,在中国工程界广泛传播和推广<sup>[4]</sup>。在医学领域,齐齐哈尔医学院借鉴 CDIO 理念,对卫生管理专业教学模式进行了改革<sup>[5]</sup>;空军军医大学融入 CDIO 工程教育理念,构建基于 CDIO 的药学本科生导师制,取得良好的实践效果<sup>[6]</sup>;其他高校在生物医学工程、医学成像及处理技术等人才培养方面也进行了积极的探索<sup>[7-8]</sup>。

## 2 CDIO 模式在西安交通大学医工交叉创新人才培养中的应用

### 2.1 构思(conceive)、设计(design)

2010 年西安交通大学成立了以外科工程技术协同创新团队为主体的“外科梦工场”。团队致力于医工理学科交叉研究及创新人才培养,基于 CDIO 理念并结合国家需要及学科发展特点,明确医学创新人才培养目标及培养计划。医学研究生将是未来医疗创新事业的主力军,培养学生的创新意识及创新思维能力、树立自主学习和终身学习的意识、提升主动学习知识并学以致用用的实践能力至关重要。多学科综合应用是医学临床诊治技术的未来趋势,具有较强的沟通能力和团队合作精神,有利于学科之间的资源共享、协同创新。

在现有的医学教育框架基础上贯穿渗透理工科

知识,通过设置跨学科通识课程、建立研究生交叉培养机制、搭建学术交流和创新实验平台、开展以科研项目及互联网+等学科竞赛为引导的创新实践训练方法,引导学生主动学习,吸收各学科最新前沿成果,补足医学教育短板,提升实践能力。

### 2.2 实现(implement)、运作(operate)

①为促进交叉人才培养,学校设置了 39 门针对医学专业的理工科通识基础课程供学生选修,建立研究生交叉培养机制;②团队通过特殊人才引进、双聘院士、特聘教授等措施组建了涵盖材料学、生命科学、工程力学、电气、机械、人工智能等的规模庞大的跨学科师资队伍;③建成国内首家医工结合外科技术创新全方位、开放式“医教研产”协同育人实践平台——外科梦工场;④定期举办学术讲座、理工医交叉学术论坛、外科创新与实践全国研究生暑期学校,搭建学术交流合作共享的平台;⑤成立课题小组,医工理学生共同参与,围绕科研课题、互联网+等创新创业大赛开展创新实践训练;⑥每周一次组会,汇报项目进展及研究中存在的问题、介绍其他团队最新成果、学习高质量论文研究思路、介绍临床特殊疑难病例。

团队始终坚持在实践训练中培养学生。秉持以临床诊疗实际问题为研究方向,以医学知识与技能为基础,以理工科理论及技术为支撑寻找解决之道,不断进行资源整合、优化改进,探索新技术、新装置、新设备,最终回归临床以解决临床难题。要求学生认真完成在医院的见习、实习和规范化培训;参与每日上级医师查房、术前讨论及每周主任查房、疑难病例讨论及死亡讨论等;在实际工作中善于观察思考、发现临床问题并使用创新方法解决问题。手术切除重建是外科治疗常用的方法,但是胆、肠、胰、血管等组织及一些特殊部位的吻合容易出现瘘和狭窄。临床中遇到的胆瘘、肠瘘、吻合口狭窄等病例,治疗比较棘手,有些患者需经几次手术,各种医疗风险增加。学生们就琢磨如果用磁性压榨原理来处理瘘口或进行吻合,有可能会使患者受益。在导师指导下查阅文献、讨论、反复实践与改进,与多位临床医师及工科专家共同研究,解决设计、加工、临床使用中的一个又一个难题,最终成功研制出可以在人体内放置的磁性吻合装置。手术记录是临床重要的医疗文书之一,通常在手术后由助手使用文字描述完成,存在不直观、特异性不强的问题。小组成员立即查阅资料并展开讨论,提出了多种解决方法,最终确定语音图文记录方案的有效性和可行性。经过 3 年多的研发改进,外科手术语音图文记录报告系统在临



床推广使用并实现技术转化<sup>[9]</sup>。交叉研究需要多个团队的协同攻关,导师经常告诫学生工作主动吃苦在前,要待人谦逊包容,要有大胸怀,提倡合作共赢。在学习医工交叉解决临床问题的过程中,不仅培养了学生们的创新能力、操作实践能力,人际沟通和团队合作能力也得到了提高。

团队自主研发了一系列解决临床问题的器械、设备,学生参与的创新研究取得了不错的成果(表 1 至表 4)。

表 1 研究生发表论文及获得专利授权的情况

| 研究方向     | 医工结合方向论文 | 专利授权 |
|----------|----------|------|
| 磁外科创新    | 29       | 22   |
| 手术相关器械设备 | 10       | 6    |
| 医疗机器人    | 8        | 5    |
| 生物医电设备   | 5        | 3    |
| 外科技能训练设备 | 3        | 2    |

### 3 CDIO 模式医工交叉人才培养效果

#### 3.1 形成浓郁的高层次创新人才培育氛围

团队硕士、博士研究生将医工交叉项目作为自己的研究课题,目前已有 40 余名创新人才顺利毕业,部分学生已经成为一些医学领域的临床专家、医学科学家。医工交叉研究吸引了越来越多的交叉学科博士生(图 1)。2016 至 2021 年西安交大博士研究生交叉培养项目统计显示:其他学科与医学交叉

项目逐年增加,而且医学及医工交叉项目占学校总体项目的 50%以上。

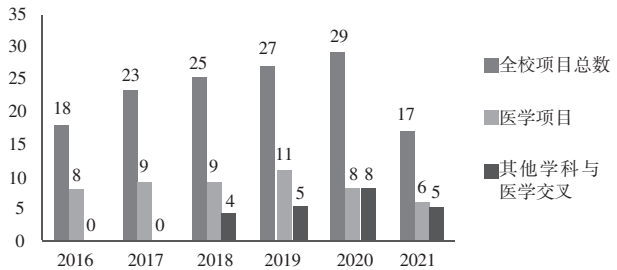


图 1 西安交通大学 2016 至 2021 年博士研究生交叉培养项目统计表

#### 3.2 有力推动了临床技术创新

针对临床需求开展了多项创新研究,部分项目已经取得良好应用效果(表 5)。远程医疗机器人在 100 例心脏死亡供体(domation after cardiac death, DCD)肝移植受体术后随访中的应用研究表明,研究组的服药依从性、自我监测、生活依从性、随访依从性、依从性总分均高于对照组,每次随访时间短于对照组,随访满意度高于对照组<sup>[10]</sup>。磁吻合装置在治疗肝移植术后胆道吻合口狭窄<sup>[11]</sup>、解决妇女直肠阴道痿棘手难题<sup>[12]</sup>、成功救治复杂食管狭窄闭塞患儿<sup>[13]</sup>等疑难危重症病例中显现绝对优势,磁压榨技术可实现微创下一次完成治疗。

#### 3.3 助力团队建设、学科建设

团队工作得到国家政府机构和专业学术团体的

表 2 中国“互联网+”大学生创新创业大赛省级以上获奖

| 获奖时间  | 获奖名称                   | 获奖等级 | 授奖部门     |
|-------|------------------------|------|----------|
| 2019年 | 智磁科技-磁力助推外科技术大变革       | 金奖   | 教育部      |
| 2019年 | 小磁大用-极速肝脏移植磁性辅助装置      | 金奖   | 陕西省赛区组委会 |
| 2019年 | 梦之手微小单孔可弯曲腹腔镜诊疗系统      | 银奖   | 陕西省赛区组委会 |
| 2018年 | 乐智医疗-IRETA 数字化肿瘤精准消融系统 | 金奖   | 陕西省赛区组委会 |
| 2017年 | IRETA 数字化肿瘤精准消融系统      | 金奖   | 陕西省赛区组委会 |
| 2017年 | RFR 免辐射远程胆道造影机         | 金奖   | 陕西省赛区组委会 |
| 2016年 | LapNetMentor           | 银奖   | 教育部      |
| 2016年 | 手术语音图文记录报告系统           | 铜奖   | 教育部      |

表 3 “沣东杯”陕西省科技工作者创新创业大赛

| 获奖时间  | 获奖名称              | 获奖等级 | 授奖部门   |
|-------|-------------------|------|--------|
| 2019年 | 智能吸痰机器人           | 金奖   | 陕西省教育厅 |
| 2019年 | 梦之手微小单孔可弯曲腹腔镜诊疗系统 | 铜奖   | 陕西省教育厅 |

表 4 陕西省研究生创新成果展

| 获奖时间  | 获奖名称                 | 获奖等级 | 授奖部门   |
|-------|----------------------|------|--------|
| 2017年 | 免辐射远程胆道造影机           | 二等   | 陕西省教育厅 |
| 2017年 | 远程监测护理机器人            | 三等   | 陕西省教育厅 |
| 2016年 | 磁压榨直肠阴道痿修补装置的研制及临床应用 | 一等   | 陕西省教育厅 |
| 2016年 | 真肝模拟人腹腔镜手术技能训练系统     | 一等   | 陕西省教育厅 |
| 2014年 | 基于磁压榨技术的门腔分流实验研究     | 二等   | 陕西省教育局 |



表 5 学生为主完成的代表性创新产品临床使用情况

| 产品或装置名称      | 拟解决临床问题              | 临床使用效果             |
|--------------|----------------------|--------------------|
| 远程医疗机器人      | 肝移植术后患者出院早期远程监测与健康咨询 | 缩短住院时间,提高随访效果      |
| 手术语音图文记录报告系统 | 快速准确完成手术报告           | 提高医生工作效率,方便学术交流及教学 |
| 磁性吻合装置       | 空腔脏器快速吻合             | 提高疑难重症救治水平         |
| 磁性牵拉装置       | 利于手术区域暴露             | 提高手术效率             |
| 真肝模拟人腹腔镜训练系统 | 提供真实的手术操作感觉          | 培训外科医生费用低、效果好      |
| 远程胆道造影机      | 避免医务人员射线损害           | 减少操作并发症及医务人员射线损害   |

认可。在“外科梦工场”的基础上,获批“西安交通大学先进外科技术与工程研究中心”“陕西省再生医学与外科工程研究中心”和“精准外科与再生医学国家地方联合工程研究中心”。其成功主办了首届及第二届“国际磁外科大会”,并连续举办了九届“医工交叉协同技术创新论坛”。其获得国家科技进步二等奖、中华医学科技一等奖在内的科技奖励 10 余项;完成医工结合临床转化新医疗新技术项目 7 项;被授予“教育部创新团队”“陕西省器官移植创新团队”“陕西省肿瘤诊治创新团队”。

#### 4 结语

未来医学发展需要多学科协同创新,需要具有扎实的医工理论基础、广博知识领域、思维敏锐、创新性强的“知识复合、能力复合、思维复合”新医科复合型人才。医工交叉人才培养目前尚没有现成的经验可以借鉴。应用 CDIO 模式进行研究生培养的过程中,从项目的构思、设计、实现和运作,始终把学生作为主体,导师全程指导,注重主动性、实践性和综合能力培养。发现临床问题、提出解决方案需要丰富的医学知识和技能,研发过程中与工科学者的讨论、产品初步设计及持续优化,需要广博精深的工学知识。这些问题的解决过程中需要查阅大量的国内外研究资料,学习新知识并且学以致用,加深了学生对交叉学科知识的理解,促使学生形成融合性的创新思维,提升了实际运用能力,并且培养了学生锲而不舍的毅力;与工科学者、加工工厂及各科医生的合作,锻炼了学生人际沟通和团队协作能力。CDIO 模式的应用,对高层次复合型创新人才成长、临床技术创新、团队建设及学科发展方面,都起到了积极的推动作用。同时,要建立医工交叉创新人才培养模式的长效机制,还应扩大校企合作产学研互动,实现创新链、产业链双链融合,逐步形成以科研作为引领,集创新研究成果转化、产品开发、临床应用、人才培养于一体的产学研用融合的创新医学人才培养模式。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 袁力蓉、马涛:论文构思、撰写及修改;严小鹏、胡良硕、吴荣谦、吴小健:论文修改、优化及审订;吕毅:论文整体实施、质量控制、审订论文

#### 参考文献

- [1] 殷琳,江恒君,陈燕琼,等.国内高校附属医院医工信结合创新机制研究[J].现代医院,2018,18(8):1140-1144. DOI: 10.3969/j.issn.1671-332X.2018.08.015.
- [2] 任桑桑,骆笑,薛乐.医工信交叉融合推动高校医学学科发展的思考[J].中国高等医学教育,2017(9):34-35. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2017.09.016.
- [3] 顾佩华,沈民奋,李升平,等.从 CDIO 到 EIP-CDIO:汕头大学工程教育与人才培养模式探索[J].高等工程教育研究,2008(1):12-20. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4233.2008.01.003.
- [4] 顾佩华,胡文龙,陆小华,等.从 CDIO 在中国到中国的 CDIO:发展路径、产生的影响及其原因研究[J].高等工程教育研究,2017(1):24-43.
- [5] 梁玉清,邱福利,祁艳波.基于 CDIO 工程教育模式的卫生管理专业人才培养实践[J].中华医学教育探索杂志,2014,13(7):706-709. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2014.07.015.
- [6] 李明凯,薛小燕,辛春艳,等.基于 CDIO 的药学专业本科生导师制构建与探索[J].中华医学教育探索杂志,2018,17(1):10-14. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.01.003.
- [7] 谢勇.基于 CDIO 的生物医学工程专业培养模式改革[J].大理学院学报,2015,14(6):90-92. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2345.2015.06.023.
- [8] 孟雪,陈月明,高天昀,等.医学成像及处理技术课程项目化教学实践探索[J].科教文汇,2017(27):65-67. DOI: 10.16871/j.cnki.kjwhc.2017.09.028.
- [9] 汤博,崔晓海,关正,等.外科手术语音图文记录报告系统的研发及临床应用研究[J].中国医学教育技术,2016,30(2):194-197. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201602023.
- [10] 田波彦,鲁华鹏,张胶琼,等.远程医疗机器人在心脏死亡器官捐献肝移植术后随访中的应用[J].器官移植,2019,10(1):79-83. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.01.012.
- [11] 李宇,孙昊,严晓鹏,等.磁压榨吻合治疗肝移植术后胆道吻合口狭窄[J].中华肝胆外科杂志,2018,24(9):577-580. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2018.09.001.
- [12] Yan XP, Zou YL, She ZF, et al. Magnet compression technique: a novel method for rectovaginal fistula repair [J]. International Journal of Colorectal Disease, 2016, 31(4): 937-938. DOI: 10.1007/s00384-015-2364-x.
- [13] 刘仕琪,吕毅,赵静儒,等.磁吻合技术治疗新生儿远距离食管闭锁一例并文献复习[J].中华小儿外科杂志,2018,39(8):594-596. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2018.08.008.

(收稿日期:2020-03-01)

(本文编辑:唐宗顺)