

自主创新时代下药学专业教育与创新创业融合的探索与实践

张虹锐^{1,*}, 肖明兴²

¹ 兰州大学药学院, 兰州 730000

² 兰州大学功能有机分子化学国家重点实验室, 兰州 730000

摘要: 药学专业人才是行业实现创新发展和持续发展的关键驱动力。要保持医药产业的持续创新, 培养紧跟时代前沿且具有创新创业能力的药学专业人才具有重要的意义。结合我国当前医药行业的发展现状和药学教育存在的不足, 我们在创新思维培养、使命感教育、教师水平提升、教学内容更新、教学模式多样化、学生学习热情激发、校企合作模式探索等方面进行了思考并提出建议。我们搭建技术服务与创业服务一体化平台、探索项目合作与人才培养合作相融合的校企合作模式、组织企业专家和高校教师共同走进企业和高校课堂、把最新的学科和行业进展更新到教学内容中去、组建创业大赛-创新创业项目-创业实践, 实现一体化和链条化学生实践能力培养机制等, 这些新的尝试都取得了很好的效果。本文对自主创新时代下我们在药学专业教育与创新创业实践融合方面的思考和实践探索进行了介绍和讨论。

关键词: 药学教学; 创新创业; 人才培养; 新药研发

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice on the Integration of Pharmacy Education with Entrepreneurship in the Era of Original Innovation

Hongrui Zhang^{1,*}, Mingxing Xiao²

¹ College of Pharmacy, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China.

² State Key Laboratory of Applied Organic Chemistry, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China.

Abstract: Pharmaceutical professionals are pivotal for the innovative and sustainable development of their industry. Cultivating talents who are the forefront of pharmaceutical advancements and equipped with entrepreneurial skills is crucial for ongoing innovation. Reflecting on the current development of China's pharmaceutical industry and the existing gaps in pharmacy education, this paper proposes several enhancements. These include fostering innovative thinking, instilling a sense of mission, upgrading faculty skills, refreshing course content, diversifying teaching methods, boosting student engagement, and expanding university-industry collaboration. Initiatives at Lanzhou University such as the establishment of a technology-service-entrepreneurship integration platform, collaborative projects between universities and enterprises, industry experts and university professors delivering campus lectures, and continuous curriculum updates with the latest academic and industry advancements, and the creation of an integrated mechanism for cultivating students' practical abilities through entrepreneurship competitions, innovation and entrepreneurship projects, and entrepreneurship practices, have shown promising results. This study discusses the efforts and explorations in merging pharmacy education with innovative entrepreneurial practices, providing insights and practical approaches that might benefit similar endeavors.

Key Words: Pharmacy education; Innovation and entrepreneurship; Talents cultivation; New drug development

药学专业是一个应用型专业，其人才培养中的教学内容、培养模式以及科研方向无不与行业的发展、法规、需求息息相关。二十年医药行业发展日新月异，中国医药行业也从跟随仿制、仿药技术服务为主的模式快速转向高效仿制、全产业链全系统新药服务的发展模式并逐渐实现了自主创新。新理论、新思路、新技术、新手段、新方法雨后春笋般快速出现又快速迭代。医药行业的快速发展给科研院所的人才培养带来了新的挑战和要求，要求高校适应行业发展重新制定药学专业人才培养的思路和模式^[1]。2015年5月13日，国务院办公厅印发了《关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》。随后，国家级、省级和校级创新创业训练计划项目^[2]、校企联合培养专业硕士^[3]等开始实施，各种政策都在探索新时代的人才培养模式^[4]。这是全球医药产业发展的需要，也是中国创新发展推动的结果。

1 我国医药行业的发展现状

中国的医药行业发展有几个阶段。改革开放前，以国家行为组织科研院所集中攻关仿制国外已有的药物用于国计民生的重大疾病的治疗和预防。改革开放后，以浙江民营企业为代表开始快速开展医药中间体和原料药的出口，同时国内的民营企业也快速介入开始大规模仿制国外新药。90年代末期，一批海归人才从承接国外医药企业的全职等效(Full-Time Equivalent, FTE)、合同研发(Contact Research Organization, CRO)^[5]、合同研发生产(Contact Development and Manufacture Organization, CDMO)、合同生产(Contact Manufacture Organization, CMO)^[6]业务，逐渐形成了中国创新药服务业。随着中国加入世界贸易组织，国外的新药专利限制了国内仿制药发展。国家成立新药筛选中心支持开发具有自主知识产权的新药，开启了中国医药的创新发展模式^[7]。

1.1 技术与法规的快速进步推动着医药行业创新发展

几乎与此同步的是医药行业技术与法规的快速进步^[8]。首先，从小分子药物和提取、发酵等技术到靶向药物、干细胞疗法、偶联药物、程序性死亡受体1 (Programmed Cell Death Protein 1, PD-1)/程序性死亡受体-配体1 (Programmed Cell Death-Ligand 1, PD-L1)^[9]以及最近的嵌合抗原受体T细胞免疫疗法(Chimeric Antigen Receptor T-Cell Immunotherapy, CAR-T)^[10]，中国实现了从落后仿制到逐渐跟上世界前沿技术的转变，甚至在有些领域已经走在世界前沿。在新药领域，已经有原创新药(First-In-Class, FIC)类的新药出现。其次，从没有法规到实行Good Manufacturing Practices (GMP)法规并伴随着持续更新^[11]，从仿制药质量明显落后于进口原研药到一致性评价、生物等效性研究，实现了仿制药等效甚至超越原研药。从纯粹仿制到Me-too、Me-better、改良型新药以及最近出现的创新药(Best-In-Class, BIC)和FIC，是一个显著的技术创新和行业进步推动世界竞争格局变化的过程。

1.2 政策的快速迭代助推着行业的创新创业

国家生物医药产业“十三五”和“十四五”发展规划明确了医药产业创新发展的路径和思路，各地陆续地出台各种政策，鼓励医药产业快速从仿制向自主创新的发展模式转变。为了适应并推动中国医药行业快速创新发展，国家陆续推出两票制、一致性评价^[12]、医药集中采购等政策，同时还提出了许多鼓励创新的政策。海归人才、国内药企、科研院所、创业团队纷纷登场，掀起了医药行业创新创业的高潮。政策和人才的刺激带来了我国医药产业的迅速发展，许多领域已经具备了国际竞争力，尤其是在干细胞、免疫细胞、基因技术、再生医学、精准医疗等生物经济、医疗技术前沿领域的发展突飞猛进，成果丰硕，国产创新药产业具有强劲的后发优势。

1.3 行业的技术和模式发展呈现蓬勃生机

过去十多年，中国已经实现了从合同服务到自主创新的转变^[13,14]。目前，中国在研的自主创新

药物超过1400个^[15]。2010–2020年间,共有1636个创新药在中国首次申请临床试验审批(Investigational New Drug, IND),其中1410个品种来自689家中国企业。在2020年已经完成审查的1466个首次IND中,1406项获得批准,通过率94%;新药上市申请(New Drug Application, NDA)的项目101个,其中58个获得批准。最重要的是首次IND的申请数量正以每年35%的速度增长,获批数量也在快速增加,体现了我国的自主创新能力已经达到了相当高的水平。

药品上市许可人制度(Marketing Authorization Holder, MAH),允许科研人员持有药证委托药厂生产,极大地刺激了新药研发和上市的速度,解决了产能和研发能力间的不对称问题,给行业的创新和创业注入了活力。同时,承接来自全球所有大型医药企业的新药研发、中试和生产的合同服务业务^[16],让全球在研新药管线中大部分都在中国有过委托合同研发的经历。CXO业务(合同研发组织CRO、合同工艺优化和中试生产组织CDMO、合同生产组织CMO的总称)让中国企业了解了全球新药研发的现状和节奏,培养了一批新药开发人才。

当前,在各种政策的叠加之下,中国医药行业已经是高速高效仿制、新药开发和生产服务、自主创新齐头并进的发展局面,中国已经逐渐成为全球医药创新药发现、开发的关键平台和新的热点。

2 药学专业的教育现状

2.1 药学教育进步显著

过去几十年,中国药学教育从纯技术到技术与法规并存,从仿制到创新,从中药到化药、生物药、医疗器械、保健品、诊断试剂等全面发展,伴随而来的是人才的全面培养和产业快速发展。

通过人才培养和科研进步,建立了符合中国医药行业特点的产业规划并不断升级完善,为中国医药行业的发展铺就了宽阔而扎实的发展之路。改革开放以来,药学教育为医药产业贡献了数十万专业人才,是中国医药行业发展的关键推动力。

2.2 药学专业人才的培养与行业发展的需求之间存在明显差距

二十多年过去了,作为国内引领创新和培养人才高地的科研院所在本次大潮中却稍显落后。在中国首次申报的IND新药,几乎都是医药企业的成果。企业申报的项目中较少大专院校科研人员主导的项目。大专院校在这一轮的医药创新发展中没有跟上节奏。国内科研院所的毕业生,较少完整地策划一个新药研发的流程。目前,国内的新药发现大多是海归人才和他们所在的企业在引领。国内自主培养的药学专业人才和他们的企业更多地是在给大的医药企业、新药开发企业提供某个环节的支持和服务。

当然也存在很多药学专业学生不知道抗体偶联药物(Antibody Drug Conjugates, ADCs)^[17]、CAR-T^[18–20],不知道沙库巴曲、司美格鲁肽和索非布韦等新药的情形。他们在学校期间不关注行业的前沿发现和技术,学习的依然是十几年前的基础理论、知识和技术。究其原因主要是科研院所没有紧跟国家创新创业战略和行业需求,没有形成相应的创新创业人才培养理念^[21]。因此,探索药学专业教育和创新创业结合的模式具有十分重要的意义。

3 新时代药学专业人才培养的思考

药学人才培养我们要从理念、定位、内容、方式方法以及平台各个角度开展工作(如图1)。首先,时代和需求的变化要求我们的理念和目标定位要随之变化,也就是我们的教育教学人员要跟上时代的发展,要有超前的理念,要对教育教学的目标有超越时代和引领行业的定位。有了理念和人才队伍,我们还要设计好教育教学的内容,确保内容紧跟时代甚至引领行业发展前沿;我们还要有很好的教育教学的平台,多角度、全方位地向学生展示行业的面貌和趋势;我们也必须有多样化的方式方法,理论教学、实践教学、实操实战等,方式方法因人而异、因材施教。

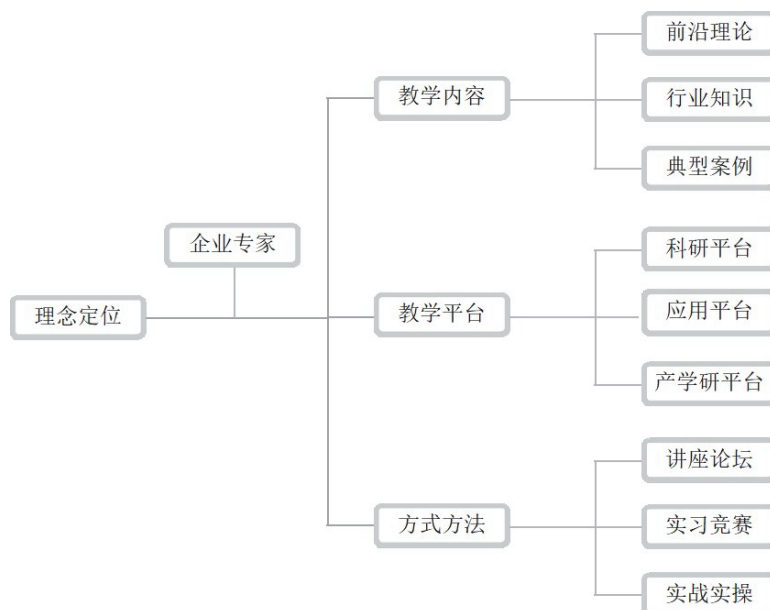


图1 药学教育的相关方面的逻辑关系

3.1 以创新的高度鼓励创业

每一个新药的发现都经历了非常的过程，都是一个美丽的故事，展示着不同的技术手段，也揭示了很多治学的道理、做人的哲理，暗含着规律，隐藏着机会，介绍这些故事是药学教学最好的手段，是引导创新、培养创业思维的有效途径^[22]。

3.2 使命感教育和行业需求宣讲以激发教和学的热情

健康中国是国家战略之一，需要有足够的新药和治疗手段来支撑，需要大幅度降低医药成本以满足人民群众看病的需要，要突破国外的医药专业壁垒以实现中国医药行业的创新发展。交叉学科支持弯道超车、改良创新以快速满足行业的需求。

药学专业教育教学给学生奠定高起点的创新理念的同时，围绕卡脖子问题，让学生从一开始学习就有国家战略思维、使命感、责任意识和目标路径，从而激发教师教学的热情，也激发学生学习的激情。

3.3 充分的学科交叉以实现药学专业的真正素质教育

药学是化学、生物、物理、工程、法规和商业等多专业的综合学科，职业健康、环境保护、安全管理等也是其必然内容。它固有的学科交叉特点要求学生必须有更加全面的理论知识和实践经验。现在的药学专业教学往往很少涉及化学和药学基础理论以外的其他内容。在创新创业实践中，全面了解各方面知识有助于启发突破性思维以实现真正的创新、有助于培养应用型人才以实现教与用的无缝衔接。

3.4 建设高水平具有行业背景的师资队伍，引领教学内容和模式的改变

中国医药行业的创新是伴随着人才的积累而实现的，现在的企业聚集了一大批不仅理论基础扎实而且经验丰富的顶尖人才，他们不断探索新理论、掌握前沿技术、探索医药行业模式，并将之应用于实战。和大部分科研院所的科研人员主要注重理论研究显著不同的是，他们有亲身体会的成功经验，他们甚至能影响国家的行业政策。因此，高校的药学人才培养首先在于建设一支来自理论和实践结合的专业教师队伍^[23,24]。同时，建议教师要积极参加行业培训和论坛，掌握前沿动向并加入教学中，比如药监系统的法规培训、医药创新论坛等。通过思路、理念的碰撞激发新的思维、找到新的火花，进而以激发性思维进行教学，鼓励学生进行药物研发设计、药物生产方案设计等，鼓励学生提出药物创新的新思路，从而真正实现创新性和应用型人才培养。

3.5 与时俱进更新教学内容让学生紧跟行业前沿和行业需求

绿色技术^[25,26]、新的合成方法、新结构分子这些化学的前沿成果，是药物创新的基础。新的靶点、新的代谢机制、新的致病原因不断被发现和被验证，这是新的药物设计的依据。脱氧核糖核酸(Deoxyribonucleic acid, DNA)编码^[27]、荧光探针^[28,29]、高通量筛选^[30]、基因编辑^[31,32]、免疫机制^[33]、脂质体技术^[34]、核素药物^[35]等是新的药物设计原理以及发现手段。药学专业教育应该紧跟前沿技术进步，用最新的手段、用交叉的学科、用出奇的思维才有可能实现创新。因此，这些前沿的技术成果、新的理论发现应该让学生有所了解。

3.6 在教育教学与科学研究的结合中探索创新实践

教学的内容往往是已经成熟的知识确定的结果，但是对于大学生则应该有更多的创造性思维、探索性思维。因此，药学专业的学生需要更早、更多地参与到科研中^[36]，药学的科研就是新药研发实践、医药新技术和新思路的探索，在新的理论探索中学习已有的知识，通过科研的探索丰富自己的知识面，通过科研的行动强化实验技能和逻辑思维能力，这样培养的学生才是具有创新思维、具有拓展能力的人才，他们走入社会的时候、走上工作岗位的时候才可以独当一面，他们才有可能更快地、更好地创新创业。

3.7 在校企合作中探索人才培养的新模式

基于国家战略，我们要培养和行业、社会需要紧密结合，真正面向社会发展、行业进步的人才。真正有效的熟悉行业前沿的方法是理论与实践相结合，药学专业的学生应该大幅度地增加创新创业实践^[37]。教师应该走进行业、走进企业，从项目研究中熟悉行业前沿和行业规范、理解研究原理、掌握社会需要。药学专业的师生可以通过两种方式参加实践：一是通过参加论坛、见习等方式广泛地了解行业的不同企业、了解行业前沿动态；二是尽可能完整地参加一个项目至少是一个药物开发中的某个完整环节的实践工作，切身体验药物研发、药物生产的过程和管控原理。

因此，校企合作搭建教学平台、科研平台并让学生尽可能参与对于药学人才的培养是必须的。

4 药学教学和创新创业融合的探索与实践

自2016年以来，我们一直在尝试将教学与实践融合，将药学的前沿理论和发现搬入到学生的日常学习中。具体工作如下表1所示。

表1 我们的药学人才培养实践工作列表

序号	内容	数量	频次	效果
1	在课堂教学中增加：(1) ADC、PROTAC等内容；(2) 增加CXO模式的介绍；(3) 增加GMP的部分内容；(4) 增加中试生产的常识内容	50-60人/年	每年一次	学生很感兴趣，而且学生融入企业很快捷，工作单位很认可
2	教学实习：把学生带到企业，分别在研发、生产、质保、分析检测等岗位进入实操，并参与企业的法规、安环、技术、管理培训	50-60人/年	每年一次	学生很感兴趣，而且学生融入企业很快捷，工作单位很认可
3	创新创业项目：(1) 学校级和国家级创新项目；(2) 企业应用开发项目；不定期承接，学生参与	每组3-5人	每年5-10个	学生动手能力、项目管理能力、思考解决问题能力提升
4	聘请企业专家为学生开设讲座、论坛、公开课：在讲解新药研发的完整过程和将新药发现的故事中讲解法规、技术创新和产业发展	50-100人/年	3-5次/年	故事性强，指导性清晰
5	兰州大学白银产业技术研究院、企业学生实习基地、新型研发机构、技术转移示范机构等平台建设中学生参与，学生带项目去实践	10-20次/年	2-3个团队/年	支持自主创新创业实践，支持成果转化，实际体会创业创新
6	企业人才带着项目到学校上学；企业开设学校学位班；企业推荐专业硕士和专业博士	80人/过去5年		在项目合作中为企业培养人才，提升有实践经验的人才的理论水平

4.1 组建以服务社会为目标的科研和教学结合的平台

兰州大学2016年组建兰州大学白银产业技术研究院^[38],开展科技成果转化和技术服务工作。研究院将学生实习、专业硕士培养、学生创新创业项目、教师的科技成果转化项目、政府行业规划项目、企业委托技术开发项目、商业策划推广、创业企业孵化等工作组合在一起,让学生、教师、校友和当地企业之间充分交流、相互学习,了解科技前沿的同时掌握行业需求,学会科技成果转化和创新创业的基本程序。研究院服务教师、学生、校友创业注册16家医药相关企业,研究院和企业一起完成超过500人次的学生实习,指导超过10项创新创业项目,服务科技成果转化项目超过30项,参与这些工作的学生有了很大的创新创业意识,对药学教学的理解在实践中得到深化。

在研究院我们搭建了一系列专业化技术平台,包括仿制药工程技术中心、原料药行业技术中心、医药技术创新中心等。然后围绕这样的技术平台我们搭建了一系列的服务平台,包括技术转移示范机构、新型研发机构等。在技术平台和服务平台的基础上我们成立了甘肃省和白银市的众创空间。这样技术开发和应用、技术合作服务、创新创业辅导等形成一体化,学生从实习到实践、从服务到创业、从研发到转化有了完整的学习和体验平台。

4.2 校企共同走进校园举办行业论坛、开设药学公开课

作为学生和教师提升自身眼界的手段,我们组织企业专家到学校开展讲座和论坛。自2016年以来,企业专家和从事新药研发的科研人员到兰州大学介绍行业现状、新药研发流程、新药前沿趋势、国家法规政策、药品注册、项目中试转化等内容的讲座超过100场,参与的学生超过10000人次,参与的教师超过2000人次。学生在其中感受到行业需求、学习了如何从书本走向创新,教师们也了解了药学前沿现状。这个工作还在继续,越来越多的教师因此也更加喜欢参加行业论坛和展会,并在参与的过程中与企业形成越来越多的项目合作,这些合作的项目则在教师的指导下由学生来实施,学生因此脱离单独从课本和大学教学实验中学习药学知识的状态,而是将课本知识和实验技能在应用项目的实施中获得切身感受。

目前,兰州大学正在筹划开设药学创新创业公开课,参照大学课程的方式做教学大纲,不同环节请不同的教师来准备详细的内容,包括行业动态、技术发展情况、法规政策情况、产业需求、项目流程和管理等。讲课的教师则主要为企业研发人员、企业工程技术人员、监管机构的专家、行业投资机构的专家等。这样的课程与大学的基础理论课程相结合构成完整的药学课程。这样培养出来的学生可以直接进入行业的创新创业工作中去。

兰州大学还通过特聘研究生导师的方法将企业人才为高校所用,这些特聘导师定期到学校讲课,与高校教师联合培养研究生等,效果很好。

4.3 校企联合开展学生教学和企业人才培养

按照国家政策,专业硕士^[39]培养要求高校和企业联合实施。兰州大学的专业硕士都要到企业工作不少于3个月。这些实习对学生的培养起到了较好的引导作用。现在兰州大学已经开始招收专业博士,培养应用型研究的博士。这是一个很好的契机。随着国家创新战略的推进,企业的创新意识越来越强,投入也越来越高,大量引进和培养高水平的创新人才、持续地开发新的技术和项目以适应创新发展的需要。

因此,我们将上述两方面的工作结合起来:企业立项的项目委托大学开发的同时,将企业的人才送到学校读专业硕士或者专业博士,或者提前对接大学的专业硕士和专业博士,在他们毕业后把他们引进到企业工作。专业硕士和专业博士都需要以应用项目毕业,他们带着企业的项目到高校,完成项目开发并达到应用的就可以毕业,这样给企业培养了人才,也给高校建立了新的人才培养方法。

企业在和高校开展项目研发合作的过程中,基础的工作在学校开展、放大转化的工作在企业开展,可以大幅度提高项目的研发效率和转化效率。在项目实施的过程中,企业还可以承接学生实习,这样在教师、研究生、本科生、企业工程技术人员一起组成的项目组中高效地将项目研发、学生培养、技术转化融合在一起^[40,41]。

笔者所在的课题组自2011年开始开展雷公藤的合成、构效关系以及分子修饰的研究^[42], 希望从中发现新的候选药物分子。在课堂上我们去讲分子结构的特点、官能团化学活性和分子生物活性的可能关系、目标分子工艺和杂质研究对药物活性的影响。而且这个项目一直和企业合作开展研究, 研究生经常和企业对接新药研发的进度和各个阶段的研究内容。2018年该项目的相关技术成果^[43,44]转让给企业进行转化。学生也因为该项目的研究深刻理解了新药研发的流程和逻辑而对新药产生浓厚的兴趣。最关键的是, 这些学生不再视相关的课程为负担, 他们对于学习的目标有了清晰的认识。

自2020年开始, 甘肃某医药科技公司累计承担兰州大学药学和化学专业本科生实习和专业硕士联合培养超过200人次。学生在参与公司CDMO项目的同时, 接受公司的医药法规和专业技术培训, 这些学生在后续的工作中很显著地体现出更加专注理论和应用结合的特点。累计参与实习的学生超过200人, 其中专业硕士20人。他们毕业后继续在医药行业工作的超过30%, 留在该公司工作的超过10人, 这些人员三个月内就成为项目负责人的则超过10人。该公司的本科生中有38人通过在职攻读硕士学位在实践中完成了理论学习的提升, 有40多人在职攻读专升本在获得学位的同时显著提升了在岗位解决问题的能力。他们很明显比没有参加这些培训的学生上手更快而且对于工作岗位和项目的理解更加全面和深入。

4.4 加强教学内容的持续更新

从激发师生的创新意识和帮助他们找到工作方向的角度, 我们一直在教学内容中增加我国医药行业的现状和突围路径方面的课程内容。比如, 我们告诉学生中国医药自主创新可以依靠以下几个方面: 一是从中药中发现新药; 二是大力发展交叉学科开发新的治疗手段和医药开发手段; 三是利用信息技术(Information Technology, IT)技术的重大进步, 通过人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术^[45]发现新药^[46]。通过这样的介绍激发学生关注新药发现的流程、新的治疗手段、AI技术等, 鼓励他们在学好药学的基础知识的同时, 学习生物、化学、IT等领域的前沿技术和理论。

通过各种讲座、论坛给学生介绍了近些年医药行业的前沿技术。比如, 连续流、微反应技术用于药物合成大大提高了药物合成工艺的安全性; 高通量筛选^[47]、DNA编码技术^[48]已经用于药物发现^[49]; CAR-T^[50]、ADC^[51]、蛋白降解靶向联合体技术(PROteolysis-TArgeting Chimeras, PROTAC)^[52-54]、单克隆抗体药物^[55,56]等新技术已经逐渐成为新的治疗手段; 小分子药物依然在不断被开发出来, 美国药品食品监督管理局平均每年批准超过60个新分子成为药物。新的技术对应不同的理论, 新的药物来自不同的技术, 革新在医药领域呈现井喷态势。这些应该是处于应用前沿的大学生、研究生需要学习和了解的内容, 也是激发学生兴趣的有效手段, 更是让学生快速步入创新车道的最佳途径, 大大激发了学生学习药学的兴趣, 也帮助他们更好更快地融入行业中去。

药物研发和生产管理中的法规和理论(Good Manufacturing practices, GMP; Good Laboratory Practices, GLP)是医药行业的基础, 规定了医药项目和平台管理的基本逻辑和原则。目前大部分高校的药学专业没有这样的教学内容, 学生毕业后不懂基本的新药研发规范。因此, 我们通过创新创业实验、讲座、课堂教学逐渐渗透药法规的相关知识, 对于药学专业的学生来说有效地帮助他们理解药物研究的逻辑。

4.5 组织学生参加创业大赛和实施创新创业项目

2017年至今, 我们组织兰州大学学生先后参加了“丝绸之路国际大学生创新创业大赛”、中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛等比赛, 获得多项奖励。其中, 2022年中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃省分赛决赛中, 兰州大学有23个项目获得金奖和银奖, 其中有9个项目和生物医药行业有关^[57]。这些比赛不仅让学生学会调研、评估进而找到一个值得探索的方向, 也让他们亲自设计一个项目的研发、策划和实施的完整过程。不仅让学生对于所学知识如何去应用有了一个亲身体验, 也让他们在与别人的对比和交流中开阔眼界和思路, 从而脱离“书呆子”和象牙塔的理想状态。

在这些创业大赛的激发下, 我们帮助学生申报学校和国家的创新创业项目, 并帮助他们对接企

业一起来实施这些项目。八年来,我们组织实施的创新创业项目超过20个。这些项目帮助学生进一步从创业大赛的书面设计中进入到实实在在的项目实战操作中。虽然大部分项目实施周期短,但是依然有不少学生做到了应用测试、中试策划等阶段,他们对药物有了更明确的质量概念、成本概念,有了质量源于设计(Quality by Design, QbD)的理念。

这些学生中有后来读研究生的、进入企业工作的、创业的。总体来说,他们相比于其他学生来说,更擅长去筛选、评价、策划一个完整的事情,能力要更加全面。

5 结语

大学生是国家的未来、是行业的人才保证、是行业的发展动力,一个行业发展的速度取决于人才,而培养人才的关键是大学教育。在健康中国和创新创业的大战略下,药学专业教育要紧跟前沿、紧跟行业,药学人才培养要不断更新内容、创新模式,才能满足国家战略需要,才能在国家的快速发展中迎合时代的需求,才能在民族复兴中发挥应有的作用。紧跟行业前沿并不断更新的教学内容、来自前沿领域应用实践中的师资队伍、在具体项目实施中学习理论知识和技能、在学科交叉中寻找新的思路、在校企合作中将项目合作与学生培养完全结合、以国家战略需求和行业需求为导向激发学生热情、以解决问题为导向是药学专业学生培养的基本要求和有效手段,更是顺应并引领创新创业大时代的人才的内在需求。转化-服务-创业一体化的平台、创新创业大赛-创新创业实践项目、校企合作论坛和公开课、理论知识和实践知识以及行业知识融合的教学内容等是药学专业教育教学与创新创业融合的有效路径。

参 考 文 献

- [1] 张勇, 赵舒扬, 胡莹莹, 谢良军. *药学教育*, **2020**, *36* (5), 1.
- [2] 刘飞, 袁昌来, 李海林. *教育教学论坛*, **2019**, No. 43, 43.
- [3] 陈卫民, 侯文. *药学教育*, **2023**, No. 3, 52.
- [4] 覃丽, 朱能, 李顺祥. *中国教育技术装备*, **2016**, No. 18, 90.
- [5] 徐稳, 刘永军. *中国市场*, **2018**, No. 19, 1.
- [6] 杨熔勇, 王若青, 张东生. *中国农药*, **2019**, No. 12, 41.
- [7] 张静. *中国品牌*, **2018**, No. 9, 60.
- [8] 国家药品监督管理局药品审评中心. [2024-05-27]. <https://www.cde.org.cn/main/policy/listpage/9f9c74c73e0f8f56a8bfbc646055026d>
- [9] 贾旭, 金威洋, 贾裕, 王华, 杨光华. *广东化工*, **2023**, No. 2, 50.
- [10] 陈富坤, 陈娜娜, 邓智勇, 吕娟, 覃雯静, 朱家伦. *肿瘤防治研究*, **2023**, No. 10, 1010.
- [11] 范明亮, 卢明夏, 聂丽蓉. *现代盐化工*, **2021**, No. 1, 133.
- [12] 朱诗宇, 文占权, 朱谔, 姜晓晴, 刘传绪, 张彦昭, 曹常影. *中南药学*, **2021**, *19* (6), 1259.
- [13] 张志楠. *张江科技评论*, **2022**, No. 3, 7.
- [14] 陈凯先. *中国食品药品监管*, **2021**, No. 8, 4.
- [15] Su, X.; Wang, H.; Zhao, N.; Wang, T.; Cui, Y. *Nat. Rev. Drug Discov.* **2022**, *21*, 709.
- [16] 陈凯先. *张江科技评论*, **2019**, No. 1, 38.
- [17] 郑航, 郑源强, 石艳春. *中国免疫学杂志*, **2023**, No. 3, 640.
- [18] Mehrabadi, A. Z.; Ranjbar, R.; Farzanehpour, M. *Biomed. Pharmacother.* **2022**, *146*, 112512.
- [19] Locke, F. L.; Ghobadi, A.; Jacobson, C. A. *Lancet Oncol.* **2019**, *20* (1), 31.
- [20] 张宸瑜, 陈柯远, 贾雨婷, 季少平. *中国免疫学杂志*, **2020**, *36* (22), 2791.
- [21] 李怡芳, 何蓉蓉, 栗原博. *广东化工*, **2019**, *8* (46), 198.
- [22] 张泰松, 张娜, 王立祥, 徐延宝, 臧恒昌, 马宏峰, 郝国祥, 夏祥林, 王丽, 李龙骧. *中国高等医学教育*, **2020**, No. 12, 16.

- [23] 张开礼, 王建强, 陈慧平, 李小鹏. 科教文汇, **2023**, No. 20, 163.
- [24] 肖兰, 刘利军, 陈琼. 卫生职业教育, **2023**, No. 20, 10.
- [25] 王先恒, 赵长阔, 唐富山, 朱蕾, 刘萍. 广东化工, **2023**, No. 20, 181.
- [26] 沈莹. 空中美语, **2021**, No. 10, 5832.
- [27] Goodnow, R. A., Jr.; Dumelin, C. E.; Keefe, A. D. *Nat. Rev. Drug Discov.* **2016**, *15*, 1.
- [28] 张萌萌. 几种新型荧光探针的设计合成及机理研究[博士学位论文]. 北京: 中国科学院大学, 2022.
- [29] 张健, 杨秀岩, 钟杰, 兰小兵. 一种FITC荧光多肽探针及其在抗结肠癌药物筛选中的应用: 中国, CN202310584625.6. X[P]. 2023-11-07.
- [30] 陈晓慧. 高通量筛选技术方法在药物的早期研发阶段中的应用[硕士学位论文]. 北京: 中国科学院大学, 2021.
- [31] 常丽颖, 凌鑫宇, 陈和祺, 王雪, 刘涛. 高等学校化学学报, **2023**, *44* (3), 70.
- [32] 肖珩, 李永奎, 邢曦雯. 高等学校化学学报, **2023**, *44* (3), 1.
- [33] 王宇, 李钊颖, 李爽, 李书, 刘成海. 中西医结合肝病杂志, **2023**, *33* (1), 90.
- [34] 周伟成, 岳鹏飞, 雷方方, 陈颖琳, 杨明. 中国医药工业杂志, **2022**, *53* (7), 943.
- [35] 王国昌, 徐鹏飞, 张静静, 陈小元. 中华核医学与分子影像杂志, **2024**, No. 1, 35.
- [36] 李晨阳, 熊炜, 李颖, 郝悦, 陈铁, 王晓冬, 赵韵诗, 王子梅, 吴海强. 药学教育, **2023**, *39* (4), 5.
- [37] 张娜, 王海钠, 林桂海, 刘新泳. 药学教育, **2020**, *36* (4), 76.
- [38] 兰州大学白银产业技术研究院“四不像”模式助力兰州白银国家自主创新示范区建设. [2024-05-27].
https://www.sohu.com/a/328159064_120058200
- [39] 吴波, 蔡轶, 郑国栋, 刘金艳, 吴丹. 科教导刊, **2022**, No. 35, 78.
- [40] 冯永辉, 闫平. 江苏科技信息, **2023**, No. 32, 18.
- [41] 张华, 汲霞, 张平平. 医学教育管理, **2019**, No. 2, 109.
- [42] Zhang, H. R.; Li, H. F.; Xue, J. J.; Chen, R.; Li, Y.; Tang, Y.; Li, C. *Org. Biomol. Chem.* **2014**, *12*, 732.
- [43] 薛吉军, 李海峰, 张虹锐, 王仕祥, 李瀛. 雷公藤内酯醇中间体的合成方法: 中国, ZL201210276016.6. X[P]. 2016-08-17.
- [44] 薛吉军, 张虹锐, 李海峰, 李瀛, 高强, 郑保富. 雷公藤内酯醇中间体的不对称合成方法: 中国, ZL201210456503.0. X[P]. 2016-08-17.
- [45] 龙瀚华. 科技创新导报, **2018**, No. 14, 157.
- [46] 孙雅婧, 李春漾, 曾筱茜. 中国医药导报, **2019**, *16* (33), 162.
- [47] 方莲花, 王月华, 杜冠华. 中国药学杂志, **2023**, No. 4, 289.
- [48] 王盈盈, 李晓敏, 蔡雅慧, 李笑宇, 史兵兵. 高等学校化学学报, **2023**, *44* (3), 130.
- [49] 李小芳, 方萍萍, 徐沛. 中国现代应用药学, **2023**, No. 5, 712.
- [50] 王思佳. 科技与创新, **2018**, No. 15, 56.
- [51] 高丽丽, 王玉珠, 王燕, 李健, 王骏. 中国临床药理学与治疗学, **2023**, No. 1, 75.
- [52] 曹倩曹, 梦超. 中国药房, **2023**, *34* (8), 961.
- [53] 张晓元, 张艳艳, 孙晓康, 张林军, 陈勉, 刘飞. 生物化学与生物物理进展, **2022**, No. 1, 171.
- [54] 谢妙红, 高明明, 凌佳楠, 杜文婷. 中国现代应用药学, **2021**, *38* (22), 2891.
- [55] 王寅, 戴学栋, 周恒, 尹华静, 付淑军, 尹茂山, 吴爽, 于冰, 孙涛, 王庆利. 中国新药杂志, **2023**, No. 1, 16.
- [56] 陈宁, 唐婧, 李锦, 杨学文, 甄健存. 中国医院用药评价与分析, **2023**, No. 1, 116.
- [57] 兰州大学在第八届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃省分赛决赛摘得22金、1银和两赛道冠军. [2024-05-27].
https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_19110914