

教学研究

细胞生物学教学模式改革的探索与实践

赫杰 史明 聂桓 魏力军 李钰*

(哈尔滨工业大学生命科学与技术学院, 哈尔滨 150080)

摘要 文章通过对生命科学领域国际化应用型人才需求现状和高校培养目标的分析,以细胞生物学为研究对象,根据课程目标和教学思想,对细胞生物学教学内容、教学方法和考核制度进行改革。构建适应需求的课程体系,完善理论课程和实验课程内容,注重学生科研素质培养;采用多样化教学模式,重视实验教学环节,理论联系实际,激发学生的学习动力,培养学生的科研创新能力;建立累加式的考核评价体系。这些改革和尝试取得了比较好的效果,促进了哈尔滨工业大学人才培养和重点课程的建设。

关键词 细胞生物学; 教学改革; 科研素质; 创新能力

Exploration and Practice on the Reform of Teaching Mode of Cell Biology

He Jie, Shi Ming, Nie Huan, Wei Lijun, Li Yu*

(School of Life Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150080, China)

Abstract Based on the analysis of the demand situation of the international application talents in the field of life sciences and the training objectives of the university, we carries out the reform of the teaching contents, teaching methods and assessment system of cell biology according to the curriculum objectives and teaching ideas. Construct the curriculum system to meet the needs, improve the content of theoretical courses and experimental courses, and focus on the cultivation of students' scientific research quality; adopt diversified teaching mode, pay attention to experimental teaching, combine theory and practice, stimulate students' learning motivation, cultivate students' scientific research and innovation ability; establish cumulative assessment system. These reforms and attempts have made good results and promoted talent training and the construction of key courses in Harbin Institute of Technology.

Keywords cell biology; teaching reform; research quality; innovation capacity

教学本身是一个系统工程,要获得良好的教学效果,必须重视教学的各个环节。新形势下,本科生教育不断发展壮大的同时,也为高校培养适应社会需求的生命科学领域创新型人才带来新的挑战^[1]。细

胞生物学是一门日新月异、发展迅速、前沿性很强的学科之一。随着近二十年分子生物学手段的迅速发展,细胞生物学的理论、概念和研究手段均取得了巨大的进展,细胞生物学知识体系不断更新,如何在

收稿日期: 2017-09-21

接受日期: 2017-12-11

黑龙江省高等教育学会“十三五”高等教育科研规划课题(批准号: 16G001)和黑龙江省教育科学“十二五”规划青年专项课题(批准号: GZD1214026)资助的课题*通讯作者。Tel: 0451-86402691, E-mail: liyugene@hit.edu.cn

Received: September 21, 2017

Accepted: December 11, 2017

This work was supported by Research Planning Project of the “13th Five Year” Education Research Program of Higher Education Society of Heilongjiang Province (Grant No.16G001) and Young Scientist Project of the “12th Five Year” of Education Science of Heilongjiang Province (Grant No.GZD12140261)

*Corresponding author. Tel: +86-451-86402691, E-mail: liyugene@hit.edu.cn

网络出版时间: 2018-03-09 15:24:18

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.2035.Q.20180309.1524.004.html>

有限的学时内删减原有某些过时的内容、如何增加新知识与课堂教学的深度融合,从而使学生注重理论联系实践、对生命科学前沿领域学术探索产生浓厚的兴趣,这些成为在教学中值得深入思考的问题。

为探索符合国情及校情的教育方式,尽快培养出思维开阔、实践能力强、能与国际接轨、创新型现代生物学人才,近几年我们结合自身实际情况,力求做到教学内容的基础性、前沿性和系统性的有机结合,教学内容详略与重点的结合,积极运用启发式、互动式等多种教学方法,努力提高学生对本领域的兴趣,启迪学生创新意识。我们在细胞生物学本科教学实践中进行了如下几个方面有益的改革和尝试,取得了比较好的效果。

1 以科学发展观为指导,明确课程目标与教学思想

细胞生物学是生命科学领域的专业基础课程,面向生物学等相关专业的学生开设,它是兼理论性和实验性的课程。随着细胞结构与功能、细胞重大生命活动及其分子机制的研究深入,细胞生物学相关的研究领域成果正在以空前的广度和深度,直接或间接地影响和改变人类的生活。我院本课程主要讲授细胞生物学的形成及发展、细胞生物学研究方法、细胞结构及功能、细胞增殖和死亡以及信号转导、细胞工程等细胞生命活动。我们在教学工作中力图做到以教育科学发展观为指导思想,以培养基础扎实、知识面宽、综合科研素质高、具有创新精神和实践能力的高级应用型人才为目标。在人才培养过程中,转变传统的“重知识传授、轻能力培养”的传授式教育教学观念,本着“培养学生终身学习和科学研究能力、训练学生的独立思考和创造性思维”的教学思想,树立“以人为本、因材施教”的教学理念,使学生将来进入各自的研究领域后可以综合运用所学的相关理论知识和技能,具备从事科学研究、产业研发和行业管理的能力。

2 教学内容的改革

2.1 构建适应需求的课程体系,优化理论课程内容

细胞生物学是当今发展最快的基础学科之一,知识更新快,信息量增长迅速^[2]。教师应与时俱进,掌握本学科的最新发展动态,增加前沿领域理论、技术等相关知识的内容比例,使课程内容新颖,激发

学生的学习兴趣,拓宽眼界,活跃学生的科研思维^[3]。

哈尔滨工业大学生命科学与技术学院在本科生三年级的秋季学期开设细胞生物学课程,共80学时,其中讲课学时为48学时,实验学时为32学时。要求本科生的先修课程为普通生物学、生物化学、遗传学和微生物学。由于细胞生物学与上述课程在内容上相互联系、相互交叉与渗透,我们以突出各个课程教学的重点与难点为原则,和上述课程的任课教师进行了知识交流与商讨,将课程间的重叠内容进行了合理分工,对教学内容进行了取舍。这样既避免了因为学科内容重复给学生带来学习压力和负担,又遵循了知识的全面性。我们对教学大纲进行了修订和完善,保证课程结构的系统性和内容的先进性。例如,叶绿体的结构与功能是普通生物学的教学重点,在大纲中我们把叶绿体作为复习与自学章节;为了督促学生学习,期末考试时仍列为考试内容。再如,线粒体氧化磷酸化的功能是生物化学课程的重点,在细胞生物学课程中不再重复讲授,而重点讲授线粒体中蛋白质的合成机制、线粒体与相关疾病等内容。为了节省学时,我们把简单易懂的章节作为自学内容。如核糖体的结构与功能,学生有高中的知识基础,可以通过自学来掌握。节省出来的学时引入细胞生物学领域最新科研动态与研究热点,将有影响力的研究成果丰富到理论和实验教学内容中。例如,我们在绪论章节增加了microRNA的相关知识;在第三章细胞生物学研究方法中增加了CRISPR/Cas9基因敲除的原理与应用;在干细胞章节增加了诱导多能干细胞(induced pluripotent stem cells, iPS)的研究与应用。我们增加了先进的、前沿的、能转化为新知识体系的教学内容,改编了以学科为基础、突显学科前沿的教学大纲,极大地激发了学生的学习兴趣。

2.2 完善实验课程内容,注重科研素质培养

为了在有限的学时和经费范围内更好地培养学生的科研态度和科研素质,给学生更多的自由发挥空间,充分发挥学生主观能动性,使实验课成为一种积极、主动的探索过程^[4],我们删减了不利于激发学生兴趣的“照单抓药式”的基础验证性实验,如删除了考马斯亮蓝染色方法观察洋葱表皮细胞骨架的实验项目。保留或增加了具有代表性、层次性和实用性的综合设计型实验,侧重于使学生建立起某一类实验操作的科研思路和基本技能,同时形成

一种连贯的利用实验技能的能力, 由此根据目前细胞生物学的进展, 强调了三大主要的细胞生物学技术(细胞培养、免疫组化和细胞凋亡测定), 这些实验由教师指导学生设计, 需要学生小组的合作与共同探索来完成。例如, 我们增设了乳兔肾细胞的原代培养、乳兔肝组织的石蜡包埋与H.E染色实验。要求学生以一只乳兔为实验材料设计完成上述两个设计性实验。实验前需写出具体的实验方案和时间安排。然后由老师审查其实验流程的可行性, 需要的仪器和材料是否考虑周全等, 审批合格者可以与实验室老师预约时间, 最后在开放实验室完成相关实验。通过实验的层次和深度的增加, 激发了学生从事科研的探索精神, 培养了学生严谨的科研态度与积极进取的科学精神, 学生的综合能力得到了提高。

3 教学方式的改革

3.1 多样化教学模式, 多角度激发学生的学习动力

美国佛罗里达州立大学的John Keller教授提出的ARCS动机模型, 即注意力(attention)、切身相关性(relevance)、自信心(confidence)和满足感(satisfaction)是激发学生学习热情和动力的四大要素^[5]。为激发和维持学生的学习动力, 教师可通过各类策略的设计吸引学生的注意和兴趣, 展示学习任务与学生的密切关联, 引导学生逐步建立完成任务的自信心, 并提供完成学习任务的满意感和成就感^[6]。我们通过采用精良的CAI课件、动画流程图、FLASH、网络视频等多种方式, 激发学生学习细胞生物学的兴趣, 增强教学的直观性, 丰富课堂教学信息量, 加深学生对复杂生命活动的理解和掌握。

为了加强国际型应用人才的培养, 细胞生物学课程是提高专项英语的良好契机^[7]。我们把G. Karp等主编的英文教材《Cell and Molecular Biology》作为参考教材, 在教学中涉及的细胞生物学的专业名词均以双语形式给出, 尽量选取英文解说的视频资料进行双语教学, 并且与课程相配合, 引导学生阅读最新研究进展的英文文献, 加强学生的专业外语水平。

为了培养科研素质, 提升学生探究和创新性思维能力, 我们适时引入与教学内容相关的科研成果。尽可能将课程相关的重要研究成果(如诺贝尔奖)以及教师主持的国家基金及省市课题的科研成果作为

案例引入教学。例如, 将教师的课题Toll样受体的科研成果引入到细胞生物学的实验教学中^[8], 不仅生动活泼, 而且学生学习有的放矢。贯彻启发式并结合科研案例进行教学, 介绍问题的提出、科研思路与设计。同时, 鼓励本科学生与科研小组或本科创新实践训练相结合, 到科研实验室开展细胞分子生物学领域的研究活动。按照学院的实验室轮转制度, 参与科研课题研究。这些尝试都大大提高了学生对科学的憧憬和兴趣, 有效提升学生接受和理解细胞生物学前沿知识的能力, 尤其在培养学生科研思路、逻辑思维等方面效果显著, 而且对学生的创造力有明显提高。例如, 我院2009级学生林宗成本科毕业后到英国伯明翰大学继续深造, 在国外硕博连读期间的研究工作发表在*Science*杂志上^[9]。2012级本科生任宽在本科阶段参与我院课题组的研究工作, 文章发表在*Nature*杂志上^[10]。2013级本科生陈曦、付楷、张笑鋆创新小组在课题组接受实践训练, 获得全国大学生生命科学创新创业大赛优秀成果一等奖^[11]。

传统的教学模式是讲授式, 以教为中心, 注重知识的传输, 忽视了学生的个性和能力的培养。为了让学生能够更加积极、主动地参与到教学中, 采用多样化的教学方法, 注重启发式、研究式、讨论式等多种教学手段的综合运用^[12-13]。例如, 在讲授干细胞这个章节时, 我们选择了多能干细胞的诱导这一专题。它既有干细胞的内容与教学内容相连贯, 又涉及到新的干细胞类型作为课程内容的延伸。教师提前一周布置学生阅读几篇诱导多能干细胞的的相关文献, 预习干细胞的知识。在课堂上适时采用启发式教学方法提出问题: 2006年山中伸弥发表在*Cell*期刊上的文章, 通过Oct3/4、Sox2、c-Myc和Klf4四因子诱导的细胞, 能够证明是全能干细胞吗^[14]? 中国科学院动物研究所周琪研究员通过何种方法证明了Oct3/4、Sox2、c-Myc和Klf4四因子可以成功诱导全能干细胞? 为什么四倍体补偿实验可以证明四因子能够诱导全能干细胞, 其原理是什么^[15]? 通过一步一步的启发式提问、讨论和互动, 唤起学生的好奇心, 吸引学生的注意力, 引导学生主动寻找答案、自己解决问题, 深刻理解干细胞的理论知识, 同时, 使学生在解答问题过程中获得了自信心和满足感。这种“故事引导、启发讨论”的学习方式, 有效地调动了学生的学习积极性, 使学生加深了对重要

知识点的理解和掌握。

3.2 理论联系实际,激发学生好胜心,满足其成就感

细胞生物学的理论知识比较抽象,但是人类自身的疾病和健康问题却是具体的,而且是人们所关注的问题。如果将细胞生物学的基础知识与实际生活中的健康问题联系在一起,它就会赋予知识更大的价值,会让学生产生浓厚的兴趣。比如细胞信号转导和细胞内代谢调节是糖尿病的细胞生物学基础;细胞周期和凋亡的调控是癌症的细胞生物学基础;细胞增殖和分化是干细胞治疗的基础;神经系统疾病也涉及到了相应的细胞生物学基础。例如,讲授细胞骨架章节时,我们会引入一种男性不育症疾病的例子。这种疾病的主要原因是由于此病人鞭毛和纤毛的微管结构中没有动力蛋白臂,不能使精子游动,并且不能排出侵入肺部的粒子。在教学中适当加入与生活息息相关的生活细节,既增加了学生的兴趣,又加深了学生对基础理论知识的理解,拓宽了学生的知识体系。

理论联系实际,围绕特定主题的科学辩论会也是提高教学质量的课堂形式之一。辩论题目难度适中是教师应把握的原则,论题控制在使学生努力之后能够完成的水平,使学生充满信心、有动力和能力来完成,引导学生关注、跟踪科研的发展动向,并得到相应的锻炼。本课程的细胞工程章节涉及到了转基因技术,我们联系生活实际,引入了“转基因食品,你是支持还是反对”的热点话题,并以开展辩论会的形式提前布置给学生,让他们各自表明观点,是支持转基因食品还是反对转基因食品。要求正方和反方在课下分别查找资料,搜集支持自己论点的论据。在下次课堂上留出一定时间,让正方和反方同学加以辩论,阐述自己的观点。在课堂辩论过程中,教师鼓励学生积极发言,也可参与其中,营造热烈的气氛,充分激发学生的好胜心和表现欲。在学生发言之后通过鼓掌进行鼓励,及时进行简要点评。在辩论结束之后,进行总结。针对转基因技术的掌握情况指出正方和反方存在的问题,并肯定知识的正确运用。在辩论过程中,学生既深入理解了理论知识,又获得了成就感。通过课堂辩论,提高了学生参与课堂的积极性,让他们学会如何用所学的知识进行独立思考。

3.3 重视实验教学环节,培养学生科研创新能力

细胞生物学是一门以实验为基础的自然科学。

实验教学不仅是培养学生综合素质的重要方面,而且是培养学生实践能力和创新思维的重要环节^[16-17]。学生的科研基本素质包括对文献、资料及信息的检索能力、完整详细地实验规划能力、扎实的知识储备、科学的研究方法及对待数据严谨的科学态度等。本科生必须具备良好的科研素质,将来才有可能做出创新性的高水平研究工作。

现代信息技术的飞速发展影响着教育的方方面面,促进了教育现代化,延伸了教育的广度和深度^[18]。为了培养学生主动获取知识的能力,在实验课上首先向学生讲授应用网络查阅文献的方法,并介绍Pubmed、Google等查阅文献的常用网址及应用Endnote软件将文献插入论文中的方法。然后与实验课程内容相配合,教师从主流期刊中挑选了包含实验课上所涉及实验技术的最新研究文献,提前布置给学生阅读。在实验课上安排适当时间(如实验的等待时间)让学生表述自己对文献中实验技术的理解,并由教师引导学生总结研究者的研究思路及文献可以深入探讨的问题。同时,结合实验课的授课内容,使学生尽快掌握本次实验的目的、原理、实验中的关键步骤及注意事项。例如,我院为本科生开设了细胞融合实验,在实验前我们让学生查阅文献,对细胞融合技术进行跟踪,挖掘最初这个技术回答了什么样的科学问题,让学生不仅知道过去的实验技术,还让学生知道现在的手段,甚至指出相关技术的不足。这样不仅拓宽了学生的专业背景知识,激发学生对本次实验成功的渴望,还加强了学生的批判性阅读理解细胞生物学前沿研究成果的能力,对科研创新和科研素质的提高有很大的益处。

在实验教学中,教会学生如何设计一个实验的方法,是细胞生物学实验课程的培养目标之一。如果某个实验由于实验条件和时间的限制,由老师提前设计好,上课时一定要提问学生,该实验为什么这么设计?能否有其他方案可以替代?最好总结该实验设计的原理、方法及注意事项,便于学生尽快掌握科研方法和思路。为了培养学生独立设计实验的能力,我们设置了细胞凋亡的分析与检测综合设计性实验。学生从培养细胞开始,设计摸索加药浓度及药物处理时间,按照自己的实验流程安排固定、染色及实验结果观察的时间。为了达到良好的授课效果,实验前要求学生观看多媒体视频演示实验,来增加学生对实验原理、方法及抽象内容的理解,使

学生正确掌握基本的操作技术。另外, 凋亡细胞的形态结构对于初学者来说很难识别, 需要在教师的指导下观察。教师在数码互动实验室通过数码互动实验系统, 实时跟踪观察学生的显微镜画面, 通过语音问答系统实时指导学生认识凋亡细胞出现的染色体边缘化、凋亡小体等结构。对于某个学生观察到的典型结构还可以通过图像投影到黑板上, 展示给其他同学, 使得师生间的互动交流更加直观有效。通过上述课程的设计, 学生从尝试独立设计实验方案到探索实验条件及改进实验中的不足, 逐渐进入科研工作者的角色, 逐步建立作为一个科研工作者必备的思维习惯、实验规范和研究能力, 激发学生科研的热情, 体验了实验成功的乐趣。教师也取得良好的教学效果。

4 考核评价体系的改革

传统的对学生学习情况评价体系是以考查学生学业成绩为主的纸笔考试形式, 学生死记硬背即可应付, 缺乏对学生的多元化、人性化和动态化的评价。我们对考核评价机制进行了改革。期末考核成绩采用累加式, 即由平时成绩、期末笔试、大作业、实验成绩等几部分组成, 其中笔试和大作业均由教

师给出题目; 实验成绩又包括实验表现、实验报告和现场抽签口头答辩的成绩。累加式的考核方式调动了学生的学习积极性, 克服了期末死记硬背应付考试的现象, 加强了对学生能力的培养。评价方式的改革促进了教学方式、学习方式的转变, 促进了学生综合素质的提高。

综上, 通过这些教学改革, 学生的出勤率由原来的85%提高到96%, 学生反馈良好, 期末考试平均成绩提高了9%。这些改进对细胞生物学抽象知识的传授、唤起学生的科学兴趣、提高学生热情以及培养学生的科研素质和创新能力等都具有明显的效果。

5 细胞生物学教学模式改革取得了成效

在本科细胞生物学课程中实施教学模式改革后, 我们对教学效果满意度进行了问卷调查。

我们分别对改革前(87人)与改革后(88人)的生物技术、生物工程和生物信息技术专业共175名本科生进行了细胞生物学课程教学的满意度问卷调查, 回收率100%, 均为有效问卷。应用SPSS 13.0统计软件进行数据分析, 结果(表1)表明: (1)改革后对课程结构的系统性和内容的先进性的问卷调查, 评价为“很好”和“好”的学生人数较改革前明显增多,

表1 本科生对细胞生物学教学模式反馈意见调查结果

Table1 Survey results of undergraduate student feedback on teaching mode of cell biology

调查内容与反馈信息 Survey content and feedback information	改革前学生人数(%) Number of students (percentage) before the reform (%)				改革后学生人数(%) Number of students (percentage) after the reform (%)				P值 P value
	Excellent	Good	General	Poor	Excellent	Good	General	Poor	
	Systematic structure and advanced content of the curriculum	19 (21.8)	31 (35.6)	33 (37.9)	4 (4.6)	47 (53.4)	33 (37.5)	8 (9.0)	
Help to enrich the knowledge system	19 (21.8)	30 (34.5)	34 (39.1)	4 (4.6)	48 (54.5)	32 (36.4)	8 (9.0)	0 (0)	<0.01
Help to develop self- learning ability	20 (23.0)	29 (33.3)	32 (36.8)	6 (6.9)	45 (51.1)	35 (39.8)	7 (8.0)	1 (1.1)	<0.01
Inspired the exploring spirit of scientific research	23 (26.4)	23 (26.4)	35 (40.2)	6 (6.9)	46 (52.3)	33 (37.5)	7 (8.0)	2 (2.2)	<0.01
Help to enhance the overall quality of scientific research	18 (20.7)	32 (36.8)	35 (40.2)	2 (2.3)	44 (50.0)	35 (39.8)	9 (10.2)	0 (0)	<0.01
Teaching effect	20 (23.0)	31 (35.6)	33 (37.9)	3 (3.4)	43 (48.9)	37 (42.0)	7 (8.0)	1 (1.1)	<0.01

注: 改革前0928101、0928201、1028101、1028201和1128101班共87人; 改革后1228101、1228201、1203301、1328101、1328201、1303401、1428101和1428201班共88人。P值: 改革后与改革前学生对教学模式反馈意见人数的显著性分析。

Note: before the reform, a total of 87 students come from Class 0928101, 0928201, 1028101, 1028201 and 1128101; after reform, 88 students come from Class 1228101, 1228201, 1203301, 1328101, 1328201, 1303401, 1428101 and 1428201. P value: the significant difference analysis of the student number giving feedback on teaching modes between post-reform and pre-reform.

应用卡方检验具有显著性差异($P<0.01$); (2)对是否有助于丰富知识体系的评价, 改革后评价为“很好”和“好”的学生人数显著高于改革前的学生人数, 统计分析具有显著性差异($P<0.01$); (3)对是否有助于培养自主学习能力的的评价, 改革后评价为“很好”和“好”的学生人数显著高于改革前的学生人数, 统计分析具有显著性差异($P<0.01$); (4)课程改革后, 认为“有利于激发从事科研的探索精神”的学生人数显著高于改革前的学生人数($P<0.01$); (5)教学模式改革后, 认为有助于提升科研综合素质的学生人数显著高于改革前的学生人数($P<0.01$); (6)对于教学效果的评价, 课程改革后学生对教学效果评价为“很好”和“好”的学生比例显著高于改革前的学生比例($P<0.01$)。

细胞生物学课程教学模式改革所取得的最优效果体现在: 突出体现学生在教学中的主体地位, 加强了学生学习能力的培养, 促进学生创新思维的形成和发展。在这种模式下培养出来的学生思维开阔, 具有实践能力和创新能力, 是具有发展潜质的符合现代社会要求的人才。

6 结语

教学改革是时代发展的要求, 也是社会对人才培养的需求。细胞生物学改革是一个循序渐进的过程, 需要从教学理念、教学内容、教学方式等多方面不断完善, 实现以学生为本, 激发学生的主观能动性, 提高学生细胞生物学的基本理论和基本实验技能, 培养学生科研创新意识, 努力培养出更多有实际工作能力的复合型人才。

参考文献 (References)

- 秦钢年, 黄大明, 卢福宁, 吴泽骏, 廖庆敏. 构建适应创新型人才培养的实验教学体系. 实验室研究与探索(Qin Gangnian, Huang Dam ing, Lu Funing, Wu Zejun, Liao Qingmin. Construction of an experimental teaching system for cultivating adaptable and creative talents. Research and Exploration Laboratory) 2012; 31(1): 101-4.
- 陈 花, 刘晓英, 李晓韬, 李鲜花, 王富刚. 细胞生物学教学改革初探. 现代生物医学进展(Chen Hua, Liu Xiaoying, Li Xiaotao, Li Xianhua, Wang Fugang. Study on the teaching reform of cell biology. Progress in Modern Biomedicine) 2014; (17): 3362-4.
- 张建萍. 《细胞生物学》课程实验教学内容、方法及考核方式的改革与实践. 畜牧与饲料科学(Zhang Jianping, Reform and practice of experimental teaching content, methods and assessment ways of cell biology curriculum. Animal Husbandry and Feed Science) 2014; 35(4): 61-2.
- 赫 杰, 张 颢, 张丽丽. 高校遗传学实验考核方式的改革探析. 遗传学教学(He Jie, Zhang Hao, Zhang Lili. Study on tests of genetics experiments in universities. Hereditas) 2015; 37(3): 309-13.
- Keller JM. Development and use of the ARCS model of motivational design. J Instruct Dev 1987; 10(3): 2-10.
- Keller JM. Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach. New York: Springer, 2010, 1-345.
- Wei L, Li Y, He J, Khokhlov AN. Teaching the cell biology of aging at the Harbin Institute of Technology and Moscow State University. Moscow University Biological Sciences Bulletin 2012; 67(1): 13-6.
- 赫 杰, 魏力军, 史 明, 李 钰, 马文君. Toll样受体的科研成果引入课堂教学的改革探索. 中国免疫学杂志(He Jie, Wei Lijun, Shi Ming, Li Yu, Ma Wenjun. The reform and exploration of scientific research achievement of Toll-like receptors into classroom teaching. Chinese Journal of Immunology) 2017; 33(4): 603-8.
- Lin ZC, Eaves DJ, Sanchez-Moran E, Franklin FC, Franklin-Tong VE. The Papaver rhoeas S determinants confer self-incompatibility to *Arabidopsis thaliana* in planta. Science 2015; 350(6261): 684-7.
- Dong D, Ren K, Qiu X, Zheng J, Guo M, Guan X, et al. The crystal structure of Cpf1 in complex with CRISPR RNA. Nature 2016; 532(7600): 522-6.
- Shi M, Chen X, Ye KR, Yao YF, Li Y. Application potential of toll-like receptors in cancer immunotherapy. Medicine 2016; 95(25): 1-7.
- 向 敏, 胥振国, 郭中平. 多措并举激发兴趣提高教学效果——高职细胞生物学与医学遗传学教学改革探索与实践. 微生物学通报(Xiang Min, Xu Zhenguo, Guo Zhongping. Take several measures, stimulate students' interest in learning and enhance teaching efficiency—Reform and exploration in the teaching of Cell Biology & Medical Genetics in the higher vocational education. Microbiology China) 2013; 40(3): 527-31.
- 胡红刚, 晏 琼, 侯玲玲, 江 红, 王字玲. 以《细胞生物学》课程为依托开展生物学研究生科研素质训练. 中国细胞生物学学报(Hu Honggang, Yan Qiong, Hou Lingling, Jiang Hong, Wang Ziling. Scientific research qualities training of biology graduate students based on “cell biology” course. Chinese Journal of Cell Biology) 2015; 37(1): 79-83.
- Takahashi K, Yamanaka S. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. Cell 2006; 126(4): 663-76.
- Zhao XY, Li W, Lv Z, Liu L, Tong M, Hai T, et al. iPS cells produce viable mice through tetraploid complementation. Nature 2009; 461(7260): 86-90.
- 张 妮, 刘春侠, 张军林, 蔡 珺, 夏光辉, 但 蕊. 基于“双创”背景下生物化学实验教学改革初探. 教育教学论坛(Zhang Ni, Liu Chunxia, Zhang Junlin, Cai Jun, Xia Guanghui, Dan Rui. Based on innovation and entrepreneurial capacity background of teaching reform of biochemistry experiment squarely addresses. Education Teaching Forum) 2017; 13: 103-4.
- 林燕文, 张 玮. 基于创新能力培养的动物学实验教学改革探索. 实验科学与技术(Lin Yanwen, Zhang Wei, Exploration on zoological experiment teaching reform based on the cultivation of innovative ability. Experiment Science and Technology) 2017; 15(2): 106-8.
- 任友群, 郑旭东, 吴昱瑜. 深度推进信息技术与教育的融合创新. 现代远程教育研究(Ren Youqun, Zheng Xudong, Wu Minyu. Promoting the integration and innovation of information technology education. Modern Distance Education Research) 2016; 5: 3-9.