

一致性建构原则下遗传学混合式教学设计与实践

吴燕华^{1,2}, 范慧慧³, 钱榕³, 曾勇³, 姚瑶³, 林娟², 卢大儒²,
丁妍³, 乔守怡^{1,2}

1. 生物科学国家级实验教学示范中心(复旦大学), 上海 200433
2. 复旦大学生命科学学院, 上海 200433
3. 复旦大学教师教学发展中心, 上海 200433

摘要: 遗传学是从基因(组)水平研究生命的遗传和变异规律的生物学分支学科。遗传学教学应与不断发展的遗传学学科和社会需求相适应。针对遗传学知识体系不断发展、生物学人才培养要求不断提升, 教学团队以一致性建构原则为指导, 开展遗传学混合式教学的课程设计与改革实践。改革举措具体包括: (1)以遗传分析为主线, 建设遗传学在线课程资源; (2)对照布鲁姆教育目标分类, 优化课程学习目标; (3)设计与教学目标一致的学习活动与学习测评, 建构一致性; (4)丰富学习活动的形式, 突出以“学”为中心, 重视学生互动, 促进主动学习, 提升学习成效。问卷调查与成绩分析提示混合式教学改革取得了初步成果: 课程受到了学生的充分肯定, 并有助于提升学生的学习成效, 值得进一步巩固和推广。本文介绍了混合式改革的教學设计与初步实践结果, 为新时代遗传学教学的继续发展提供了新的思路和方法。

关键词: 遗传学; 混合式教学; 建构一致性; 教学设计; 效果评价

Curriculum design and practice of Genetics blended course under the principle of constructive alignment

Yanhua Wu^{1,2}, Huihui Fan³, Rong Qian³, Yong Zeng³, Yao Yao³, Juan Lin², Daru Lu²,
Yan Ding³, Shouyi Qiao^{1,2}

1. National Demonstration Center for Experimental Biology Education (Fudan University), Shanghai 200433, China
2. School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China
3. Center for Faculty Development, Fudan University, Shanghai 200433, China

Abstract: Genetics is a branch of biology that studies the laws of inheritance and variation from the level of genes

收稿日期: 2019-02-16; 修回日期: 2019-04-25

基金项目: 国家基础学科人才培养基金项目(编号: J1210012), 教育部人文社会科学研究规划基金项目(编号: 18YJA880012), 2016年上海高校优质在线课程建设项目和复旦大学本科教学研究与改革实践项目资助[Supported by Undergraduate Training Project of National Science Foundation of China (No. J1210012), Humanity and Social Science Youth Foundation of Ministry of Education of China (No. 18YJA880012), Quality Online Undergraduate Course Construction Project of Shanghai Municipal Education Commission and Fudan Good Practice Program of Teaching and Learning]

作者简介: 吴燕华, 博士, 正高级讲师, 硕士生导师, 研究方向: 人类遗传学与分子遗传学。E-mail: yanhuawu@fudan.edu.cn

通讯作者: 乔守怡, 本科, 教授, 博士生导师, 研究方向: 人类医学与分子遗传学。E-mail: syqiao@fudan.edu.cn

丁妍, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向: 教师发展与教学评估。E-mail: yding@fudan.edu.cn

DOI: 10.16288/j.yezz.19-035

网络出版时间: 2019/5/7 15:59:37

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1913.R.20190507.1559.001.html>

(genomes). Genetics teaching should be compatible with the evolving genetic disciplines and social needs. In view of the continuous development of the genetics knowledge system and the requirements for the training of biological students, our teaching team carried out the curriculum design and implementation of genetics blended course under the principle of constructive alignment. The reform actions include: (1) constructing genetics online resources with genetic analysis as the main line; (2) optimizing the learning objectives according to bloom's educational goals classification; (3) designing learning activities and learning assessments under the principle of constructive alignment; (4) enrich the forms of learning activities, highlighting learning-centered course design and learner interaction, promoting active learning, and improving learning outcomes. The results of the questionnaire survey and exam result analysis suggest that the blended course reform has achieved initial results. The course is fully affirmed by the students and helps to improve learning outcomes, which is worthy of further consolidation and promotion. This paper generally introduces the curriculum design and preliminary practice of genetics blended course, providing new insights and approaches for the continued development of genetics teaching in the new era.

Keywords: genetics; blended learning; constructive alignment; curriculum design; effect evaluation

遗传与变异是生命的重要特征,更是生命演化的关键机制。遗传与变异相辅相成,使得生命既能够代代相传,生生不息,又能够推陈出新,层出不穷。遗传学是从基因(组)水平研究生命的遗传和变异规律的生物学分支学科。从 20 世纪 70 年代末开始,面向学科发展和社会变革的需求,一大批中国遗传学教育工作者在各所高校开展了广泛而卓有成效的教学探索与改革,内容涉及教学体系、教材建设、实验教学等各个方面^[1]。进入 21 世纪,随着分子生物学技术和基因组知识的发展,遗传学在基因注释、遗传诊断、靶向治疗和基因编辑等多个领域取得了令人瞩目的成果。与此同时,遗传学与其他学科不断交叉融合,引领自然科学的发展,逐渐成为生物学最重要的分支学科之一。为此,近年来,本团队在已有教学实践的基础上进一步积极反思,发现仍有不少问题亟待解决,如:(1)遗传学科的快速发 展迫使教师不断更新遗传学知识体系,但由于课时数量的限制,多数高校的遗传学课堂呈现“内容堆砌、体系散乱、单元孤立、讲解空泛”等诸多问题;(2)随着社会的进步与教育的发展,人才培养的目标逐渐从内容为本的单一核心转向“知识、能力与素质”的多重核心^[2],传统的遗传学教学目标强调理论知识的理解和记忆,在培养学生遗传分析思想及实践能力等方面存在不足;(3)生物专业人才培养规模在近年来大幅上升^[3],遗传学课堂急需针对学习态度、学习能力与学习目标参差不齐的学生设计有效的教学手段,以便发挥学生的主动性,提高学

习效率。

本团队在本校开展的遗传学课程面向生物科学、生物技术、生态学和临床八年制高年级本科生,54 个学时,3 个学分。为探索遗传学教学的改进方法,2016 年本团队在维持原有传统课程的同时实施了遗传学混合式教学改革措施如下:

1 遗传学在线课程建设

近年来,以大规模开放式在线课程(massive open online courses, MOOC)为代表的新型教育方式和学习平台突破了传统课堂的时空限制,在全球范围兴起^[4]。大量制作精良且引人入胜的优质在线课程利用互联网和手机 APP 等平台快速传播,给高校的教学改革带来了新的契机,也引入了新的挑战。

本团队拥有优秀的教学传统,以刘祖洞、赵寿元为代表的两代遗传学教学团队出版了多部影响全国的遗传学优质教材,培养了一大批国内外优秀遗传学教学与科研人才,成果斐然^[5]。为了进一步发挥团队的辐射作用,也为了建构更符合学科发展的遗传学知识体系,2016 年 8 月团队启动了遗传学在线课程的建设,并在 2017 年 9 月顺利完成^[6]。课程包含 13 章 63 个知识点,视频总长 1005 分钟,并配有名词库、自测题库、作业题库、图片库和参考资料库等学习资源。

遗传学在线课程以基因结构与功能为主线,以基因型和表型分析为核心,以遗传分析思想为导向,从群体、物种、个体、细胞和基因等多个层次,从DNA遗传、DNA变异、DNA互作、DNA转录和DNA修饰等多个视角,揭示基因及基因组遗传变异的规律,探索个体发育与生命演化的机制。课程章节覆盖经典遗传学和现代遗传学内容,按照“遗传物质的组成及性质”、“遗传物质的传递”、“遗传物质的表型实现”和“遗传问题研究方法”4大模块进行编排,在兼顾经典与现代的前提下,凸显遗传分析的核心思想,保证了课程内容丰富但格局紧凑,内容前沿但逻辑连贯^[7]。2017年9月,在线课程首先在校内慕课平台运行,学生们可以在规定时间段的任意时刻和场所反复或快进观看教学资料,有效解决了由于学时短造成的内容短缺以及学生基础参差不齐的问题。此外,为克服在线课程知识点碎片化和学生线上学习缺少指导的问题,课程在每章知识点内容之前,先阐明每章学习重点及各知识点之间的逻辑关系,并在每章最后,详细给出对应的线下课程学习活动及准备工作。

2 遗传学课程学习目标的优化

学习目标(learning objectives)是教学大纲中的重要内容。明确学习目标是建设一门课程的首要任务,优化学习目标是课程改革的必要环节^[8]。但是,本团队通过调查发现,学习目标的设定是高校教师在教学准备中容易忽视的环节,不少教师和学生对什么是学习目标存在错误理解:一些教师认为学习目标就是教师的教学任务范畴,完全以教师的口吻撰写学习目标,如“介绍遗传学的基本原理与关键概念”和“讲授遗传分析方法”等;还有一些教师虽然考虑了学生角度的转换,但在描述学习目标的具体要求时非常笼统和模糊,如“掌握遗传学基本知识”、“领会遗传分析思想”和“培养科学研究兴趣”等。另一方面,多数学生也很少关注各门课程的具体学习目标,简单地将所有课程的学习目标等同于期末考试或者平均绩点(grade point average, GPA),既严重影响了学习主动性,又限制了自身的

能力培养与素质发展。

通俗地说,学习目标应描述学生在课程学习结束后能够具备做哪些事情的知识、能力与素质。在20世纪50年代,美国教育学家和心理学家布鲁姆(Benjamin Bloom)将教育目标划分为3个领域:认知领域(cognitive domain),情感领域(affective domain)和技能操作领域(psychomotor domain)^[9]。在认知领域中,教育目标进一步细分为记忆(remember)、领会(understand)、运用(apply)、分析(analyze)、评价(evaluate)和创造(create)6个层级^[10]。这6个层级层次分明、逐级递增,涵盖了知识、能力与素质,并且全部层级是可衡量可评价的,便于进行学习效果的衡量,指导教学改革;在情感领域和技能操作领域,克拉斯沃尔(David Krathwohl)和辛普森(Elizabeth Simpson)也分别将教学目标根据价值内化的程度或技能掌握的程度从低到高分多个可测量的层级^[11,12]。

在线课程和混合课程需要学生通过独立在线学习部分或完全地达到既定学习目标,因此,明确、清晰且科学的学习目标非常重要。为此,在完成线上课程建设之后,笔者对照布鲁姆教育目标分类,优化了本门遗传学课程的学习目标:(1)记忆遗传学关键学术名词的概念,描述关键遗传学理论及其证据,归纳遗传学的不同研究方法;(2)运用遗传学理论与知识解决遗传学习题;(3)揭示并剖析不同生命现象中隐藏的遗传学问题;(4)针对特定的遗传学问题设计合理可行的研究方案,评价遗传学领域各项研究成果的严谨性与创新性。这4条目标从低阶的记忆、描述与归纳,到中阶的知识运用,再到高阶的剖析、设计与评价,较好地总结了学生在遗传学课程学习之后应具备的各项能力。此外,笔者根据课程的总体学习目标,进一步梳理了各知识单元的目标(表1),以便于向学生进行明确清晰的目标阐述。

对于教师而言,学习目标的设定能够帮助自己明确“教”的内容、方式与方向,保障其与高校人才培养的总体目标相适应。有了明确清晰、层次分明、能够衡量的目标,教师就有了课程设计的起点和方向。对于学生而言,理解学习目标有助于明确“学”的内容、方式与方向,是提高“学习成效”的重要

表 1 遗传学课程单元目标(以《遗传学数字课程》第二章孟德尔遗传一章为例)

Table 1 The module learning objectives of Genetics (take Mendel inheritance as an example)

知识点单元	知识点单元目标	对应课程目标
2.1 细胞分裂是遗传的基础	记忆“有丝分裂”、“减数分裂”和“细胞周期”基本概念, 归纳“有丝分裂”与“减数分裂”主要差异, 描述染色体在细胞分裂中的行为特点	记忆遗传学关键学术名词的概念, 描述关键遗传学理论及证据
2.2 孟德尔遗传定律	记忆“分离定律”和“自由组合定律”的基本内容与原理	记忆遗传学关键学术名词的概念
2.3 孟德尔遗传定律的发现	描述“分离定律”和“自由组合定律”的实验过程与关键证据	描述关键遗传学理论及其证据
2.4 孟德尔遗传的数据分析	归纳“分支法”、“二项式展开法”和“适合度检验”的主要差异	归纳遗传学的不同研究方法
	应用“分支法”、“二项式展开法”和“适合度检验”进行杂交实验中分离比以及特定基因型概率等的计算	运用遗传学理论与知识解决遗传学习题
2.5 单基因疾病	归纳不同遗传病的遗传规律; 应用遗传规律判断不同疾病的遗传规律	揭示并剖析不同生命现象中隐藏的遗传学问题
	针对不同疾病或性状是否遵循孟德尔遗传提出合理可行的研究方案	针对特定遗传学问题设计合理可行的研究方案

前提。不少学生在课程学习中反映: 课程各章节清晰全面的教学目标非常有助于他们有效地进行课后复习, 巩固学习效果。

3 一致性建构原则指导下的遗传学课程设计

一致性建构(constructive alignment)是由澳大利亚教育心理学家比格斯(John Biggs)提出的一种课程设计原则^[13]。它整合了“建构主义”和“一致性”这两个教育概念, 即深层次的、有质量的学习应该是一种学生自己建构知识的过程, 而教师在进行课程设计时应首先明确课程的预期学习目标, 再紧扣这一目标设计相应的学习活动和学习测评^[14]。学习目标描述了学生在课程结束后能够获得怎样的知识、能力与素质; 课程学习活动应服务于这些学习目标, 调动学生的互动和参与, 使学生的学习更有效率; 而学习评价的目的是了解学生在实现既定学习目标方面所取得的进展, 与课程目标相符的学习评价, 不仅能帮助教师深入了解学生的学习情况, 也可以让学生追踪自己在整个课程学习中的进展^[15]。因此, 建构“学习目标 学习活动 学习测评”的一致性课程是课程设计的重要质量保障。

在遗传学课程中, 为了保障既定的学习目标得

以实现, 团队在校内开展了线上线下课程相结合的混合式教学实践, 并尝试以一致性建构为指导, 开展混合式课程的设计与实施(表 2): 利用在线课程的学习资源搭建科学、系统的知识体系, 利用在线自学活动与自测进行巩固和评估, 解决“遗传学是什么?”; 同时, 利用线下课堂设计高阶的学习活动与测评, 使用灵活多样的教学方法, 调动和激发学生科学的遗传学分析思维, 解决“什么是遗传学问题? 如何解决遗传学问题?”如前所述, 全部课程设计均在在线课程网站上有清晰的描述, 教师亦会在第一堂面授课程对混合式教学设计进行详细阐述, 以便学生们全面了解与熟悉。

仍以孟德尔遗传一章为例, 其中各个知识点学习目标如表 1 所示。在混合式课程设计中, 本章共 3 学时。其中, 在线学习 1.5 学时, 学生应在线完成讲义学习、视频听讲、闯关自测和作业题等。线下学习 1.5 学时, 学生需要参加课堂活动, 首先完成教师下发的小测试, 再以小组为单位进行习题练习、小组讨论、案例分析和班级交流。根据表 1 所列的单元目标, 本章需要掌握的基本概念、定律和计算方法已在讲义、视频中进行详细介绍, 学生在线上可以通过闯关自测及时巩固。线下课程中, 教师将

表2 一致性建构原则下的遗传学混合式教学设计

Table 2 The module learning objectives of genetics (take Mendel inheritance as an example)

学习目标	学习活动	学习测评(占总成绩的比例)
记忆遗传学关键学术名词的概念,描述关键遗传学理论及其证据,归纳遗传学的不同研究方法	线上:视频、讲义学习和闯关测试	平时成绩(20%)
	线下:名词和理论随堂开卷测试与同伴互评	期末考试名词解释题(12%)
运用遗传学理论与知识解决遗传学习题	线上:遗传分析作业题	平时成绩(10%)
	线下:遗传分析的随堂作业与小组讨论	期末考试基础问答题(30%)
揭示并剖析不同生命现象中隐藏的遗传学问题。针对特定的遗传学问题设计合理可行的研究方案,评价遗传学领域各项研究成果的严谨性与创新性	线上:遗传学案例项目的小组活动	平时成绩(10%)
	线下:遗传学案例项目的小组汇报与班级讨论	期末考试综合问答题(18%)

全部需要记忆和理解的内容整理成一页小试卷,学生开卷答题熟悉知识重点,再通过同伴互评了解自己的掌握情况。此外,教师通过在线发放遗传学习题作业,随堂进行遗传分析、练习与讨论的方法锻炼学生“灵活运用‘分支法’、‘二项式展开法’和‘适合度检验’进行杂交实验中分离比、特定基因型概率等的计算”以及“熟练应用遗传规律判断不同疾病的遗传规律”,再通过作业批改和课堂交流及时向学生反馈他们的学习进展。再次,本章高阶的学习目标,即“针对不同疾病或性状是否遵循孟德尔遗传提出合理可行的研究方案”通过教师精心挑选的案例,如“渐冻症是否是孟德尔遗传^[16]”、“利用基因分型能否明确林肯是否是马方综合征患者^[17]”和“哈利波特的魔法力是否遵循孟德尔遗传^[18]”等进行设计,学生们需要在课外进行资料检索,小论文撰写,并在课堂上进行课堂展示和班级交流等。实践证明,合适的遗传学案例在提升学习成效方面具有明显的促进作用^[19,20]。

综上所述,遗传学混合式课程经过一致性建构的改造之后,一方面充分利用线上资源提供便捷高效的独立学习,学生可以根据自己的学习基础调整学习的进度,根据自测题的反馈掌握学习的效果;另一方面,将传统的授课为主的课堂教学转变为以学生参与多种多样的学习任务为核心的主动学习,使得学生不是被动地听讲,而是主动地通过“读、写、思考、交流、辩论和展示”等方式,参与到各种运用高阶思维的任务之中,促进高阶学习目标的实现,培养在遗传学知识和理论背后的遗传分析思

想与科学研究精神。

4 混合式教学改革的实践

2017年秋季学期,团队开展了第一轮混合式教学改革实践。为客观了解混合式教学改革的效果,遗传学课程同时开设了两个平行班级,一个班级继续实施传统的讲授型教学方式,另一个班级推行混合式教学改革,由相同的教师团队担任主讲老师,学生自愿选课。最终,传统班级选课人数38人,混合班级选课人数31人。为了解两个班级学生的学习基础有无差异,我们分析了学生前续学期的平均GPA:常规班级为 3.05 ± 0.43 ;混合班级为 2.99 ± 0.31 。尽管两个班级的GPA无明显差异($P > 0.05$,学生 t 检验),但却存在一定的群体分层:混合班级中GAP在3.5以上的拔尖生仅有2人,占比6%,远低于常规班级的21%;此外,混合班级中GAP在2.8以下的学生有10人,占比32%,高于常规班级的24%(图1A)。这一现象提示了两个潜在问题:首先,混合式教学改革的初步尝试并没有得到优秀学生的青睐,通过谈心进一步了解到优秀学生认为混合式教学改革是个新鲜事物,他们更愿意持保守观望的态度;其次,学生的学习基础与学习成绩之间存在极大的相关性,混合式教学班级的学生基础较弱,教学改革成效的显现面临更大挑战。

在学期末,两个班级进行了相同试卷的闭卷考试。从平均分上看,混合教学班级的表现(66.2 ± 9.0 分)略低于常规班级(68.6 ± 10.5 分),但不存在统计学差异($P > 0.05$,学生 t 检验)。进一步考察期末成绩的分布(图1B),发现:(1)混合班级相比常规班级缺少高分学生(> 80 分),且存在2位极低分学生(< 50 分),

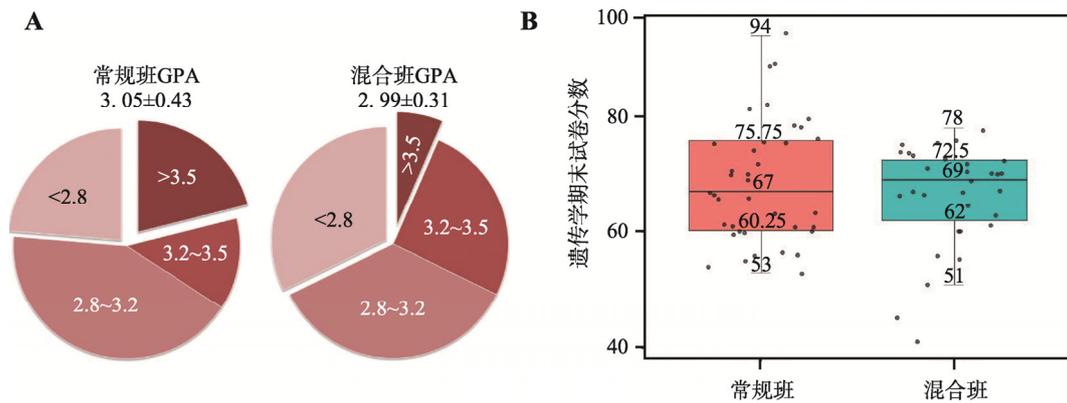


图 1 遗传学混合式教学班级与常规班级的学习成效比较

Fig. 1 Comparison of learning outcome between genetics blended class and regular class

A: 常规班级与混合教学班级选课学生的 GPA 分布饼图; B: 常规班级与混合教学班级学生期末闭卷考试成绩的分布图。

这与 GPA 反映出的学习基础的差异是一致的; (2)混合班级的期末分数相对集中, 在 62~72.5 分的区间内, 中位数分数为 69 分, 传统班级分数较为分散, 中位数为 67 分, 略低于混合班级; (3)进一步分析这一批同学在同学期修读的另外一门专业课程(微生物学)的期末考试等级, 发现常规班学生的平均等级成绩为 3.36 ± 0.09 , 而混合班学生群体的平均等级成绩仅为 2.97 ± 0.10 , 存在显著性差异 ($P < 0.01$, 学生 t 检验), 反映出混合班级学生的学习能力较弱(微生物课程有 3 个平行班, 均为传统授课, 学生随机分布在不同平行班级)。综上认为, 混合式教学在学生基础相对薄弱的班级中开展了初次试点, 从期末成绩来看, 混合班级学生整体表现与学习基础较好的传统班级持平, 并优于他们在同一学期其他课程中的表现, 初步提示了混合式教学方式能在一定程度上提高学生的学习效果。但是, 更加确切的实施效果还有待进一步扩大样本, 持续追踪学生的发展, 开展更加深入和全面的评估。

由于不少优秀学生在学期初对混合式教学改革保持谨慎观望的态度, 进一步分析了学期末的课程评价。对比常规班级和混合班级的期末(考试之前)评教结果发现, 混合式教学班级的评价为 4.963 分, 传统课程 4.844 分, 混合式班级评价分数略高, 但两者之间不存在统计学差异 ($P > 0.05$, 学生 t 检验)。在此基础上进一步向混合式班级同学发放了问卷调查以了解他们对课程实施效果的评价。问卷调查分别针对遗传学的线上部分(包括线上的课程资料、视频学习和自测题)、线下部分(包括知识测验、小组讨

论和教师辅导)和混合式课程设计 3 个部分进行打分, 并要求学生对线上学习和线下学习的优缺点进行了具体评价。结果显示: 学生对 3 部分的整体评价均高于 90 分, 说明学生对课程的整体满意度良好。其中, 混合式课程设计评价分数最高(96.6 ± 5.4 分), 线下部分为 95.7 ± 7.6 分, 线上部分为 93.8 ± 9.6 分。在具体的课程评价方面, 学生们积极肯定了混合式教学课程相比传统课程的优势, 例如线上部分学习时间自由、知识可反刍、教师讲解的语言更加精炼以及可以使用手机端 APP 进行学习等; 线下课程有利于帮助消化知识难点和重点、提高知识运用能力、提高课堂参与度和学习主动性(图 2)。与此同时, 也从问卷中了解到了一些课程的不足与建议, 主要包括线上视频的制作不够精良, 可添加字幕; 视频内容较传统课程精简, 可在线下课程加以补充; 混合式教学的学习负担增加, 希望能够增加学分等。这些重要信息给予教学团队很多提示, 有利于后续教学改革的进一步深化。

5 结语

高校人才培养的目标绝不仅仅是知识的存储与记忆, 而应关注知识背后蕴含的思想与方法, 调动学生的思维积极性、培养学生剖析问题的眼光以及锻炼学生解决问题的能力, 培养具备科学素养和创新精神的学术人才。为此, 高校课程的学习目标也

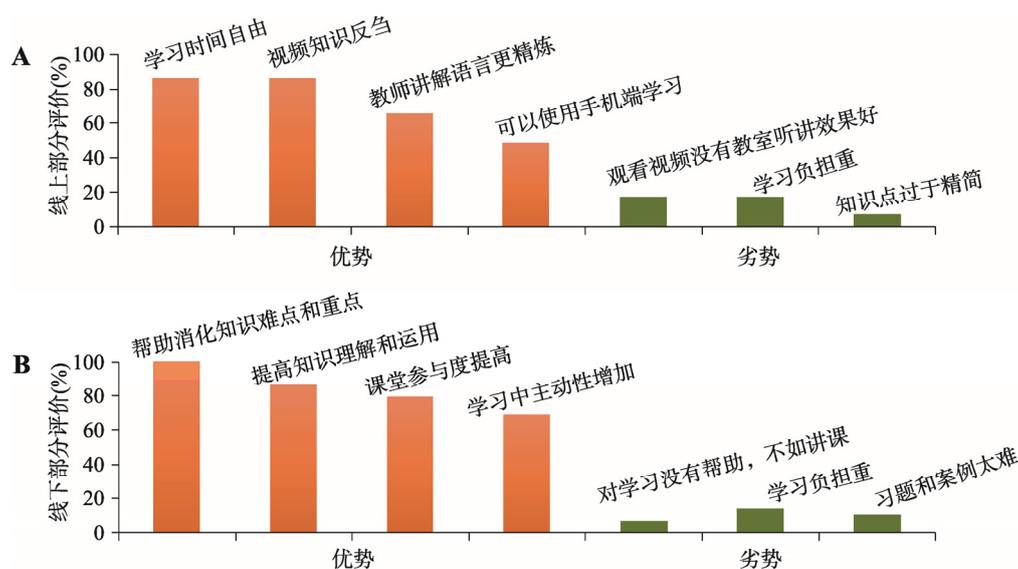


图2 遗传学混合式课程的学生评价情况

Fig. 2 Students' evaluation of genetics blended course

A: 线上课程评价; B: 线下课程评价。

应脱离单一的内容核心,转向“知识、能力与素质”的综合培养。再以一致性建构为基本原则进行课程设计,进一步保障学习目标的实现。

笔者所在团队进行的遗传学混合式教学改革以在线课程建设为依托,从设立明确的、可评估的、有层次的教学目标入手,设计多元化、递进式、全覆盖的教学活动,开展线上线下混合式教学,提升学生主动学习效率;进一步结合阶段式的学习测评,及时了解学习进展与改革效果。这些改革举措在激发学生的学习兴趣和、提高学习参与性和锻炼独立学习能力等方面取得了初步成效,但对学生的专业知识、能力与素质的培养效果还有待系统且长期的教学评估。课程将进一步深化改革,不断推动生物学人才培养。

参考文献(References):

- [1] Chen DF, Lu DR, Zhang FX, Zhang GF. The development of genetics teaching in China in the last four decades and its future prospect. *Hereditas (Beijing)*, 2018, 40(10): 916–923.
陈德富, 卢大儒, 张飞雄, 张根发. 中国遗传学教学 40 年发展及展望. *遗传*, 2018, 40(10): 916–923.
- [2] Kennedy KJ. Conceptualising quality improvement in higher education: policy, theory and practice for outcomes based learning in Hong Kong. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 2011, 33(3): 205–218.
- [3] Qiao SY. Analysis of the status of biology major construction and talent training. *Biol Teach Univ Elect Edit*, 2012, 2(3): 3–6.
乔守怡. 生物专业建设与人才培养现状分析. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2012, 2(3): 3–6.
- [4] Kaplan AM, Haenlein M. Higher education and the digital revolution: about MOOCs, SPOCs, social media, and the cookie monster. *Bus Horiz*, 2016, 59(4): 441–450.
- [5] Qiao SY. Commemorating professor Liu Zudong. *Hereditas (Beijing)*, 2010, 32(4): 287–288.
乔守怡. 纪念刘祖洞教授. *遗传*, 2010, 32(4): 287–288.
- [6] Qiao SY, Wu YH, Lin J, Lu DR. *Genetics Digital Course*. Beijing: High Education Press, 2018.
乔守怡, 吴燕华, 林娟, 卢大儒. *遗传学数字课程*. 高等教育出版社, 2018 年.
- [7] Wu YH, Lin J, Lu DR, Pi Y, Guo B, Qiao SY. Taking the genetic science as the core and innovating talent training mode. *Biol Teach Univ Elect Edit*, 2018, 8(2): 16–19.
吴燕华, 林娟, 卢大儒, 皮妍, 郭滨, 乔守怡. 以遗传学科学思想为核心, 创新人才培养模式. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2018, 8(2): 16–19.
- [8] Allen D, Tanner K. Approaches to biology teaching and learning: from a scholarly approach to teaching to the scholarship of teaching. *Cell Biol Educ*, 2005, 4(1): 1–6.
- [9] Bloom BS, Englehart MD, Furst EJ, Hill WH, Krathwohl

- DR. The Taxonomy of educational objectives, handbook I: The Cognitive domain. New York: David McKay Co., Inc.1956.
- [10] Krathwohl DR, Bloom BS, Masia BB. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook II: The affective domain. New York: David McKay. 1964.
- [11] Simpson BJ. The classification of educational objectives: psychomotor domain. *Illinois J Home Econ*, 1967, 10(4), 110-144.
- [12] Anderson LW, Krathwohl DR. A taxonomy for learning, teaching, and assessing. New York: Longman, 2001.
- [13] Biggs JB, Tang CS. Teaching for quality learning at university: what the student does. Maidenhead: McGraw-Hill. 2011.
- [14] Smith C. Design - focused evaluation. *Ass Eval High Edu*, 2008, 33 (6): 631-645.
- [15] Ding Y, Gao YP, Lu F. The development of QM-Fudan higher education online course quality standards: some results and analysis. *Am J Distance Educ*, 2017, 31(3): 198-206.
- [16] Renton AE, Chiò A, Traynor BJ. State of play in amyotrophic lateral sclerosis genetics, *Nat Neurosci*, 2014, 17(1): 17-23.
- [17] Ready T. Access to presidential DNA denied. *Nat Med*, 1999, 5(8): 859.
- [18] Craig JM, Dow R, Aitken M. Harry Potter and the recessive allele. *Nature*, 2005, 436(7052): 776.
- [19] Wu YH, Lin J, Lu DR, Qiao SY. Utilizing and effect analysis of case-based teaching in genetics course. *Biol Teach Univ Elect Edit*, 2013, 3(2): 25-28.
吴燕华, 卢大儒, 林娟, 乔守怡. 案例式教学在遗传学课堂中的运用与效果分析. *高校生物学教学研究 (电子版)*, 2013, 3(2): 25-28.
- [20] He ZM, Bie LS, Li W. Application of medical cases in general genetics teaching in universities. *Hereditas (Beijing)*, 2018, 40(1): 75-85.
贺竹梅, 别林赛, 李蔚. 医学病例在高校普通遗传学教学中的运用. *遗传*, 2018, 40(1): 75-85.

(责任编辑: 谢建平)