

教学研究

细胞生物学思想实验教学模块的构建及教学实践

陈凌* 李丽 宋军

(基础医学院细胞生物学与遗传学系, 福建医科大学, 福州 350122)

摘要 思想实验是认识主体遵循有形实验的模式和规范而进行的一种探索性思维活动, 而建构主义学习是有效促成自主学习的经典范式, 二者的结合将有效引导学生易于、乐于实现意义建构, 提升整体教学品质, 促进创新型人才培养目标的实现。该研究以线上线下混合式教学模式为载体, 在建构学习的输入和输出端之间进行教学设计, 引入基于思想实验的思维导图评价体系, 形成若干以疾病为标签、以探究疾病机制为主线的教学模块。该模块以思想实验作为逻辑工具开展教学运行, 引导学生协作自主利用已有知识体系进行新知识自我建构, 并以思维导图作为学生自我建构的输出形式和评价标准。该教学模块的开设将细胞生物学有机融入医学科学的知识体系, 为提升教学水平、形成教学特色以及提高人才培养质量提供了新的思路。

关键词 细胞生物学; 建构主义; 思想实验

The Construction and Practice of Teaching Module of Thought Experiment in the Course of Cell Biology

CHEN Ling*, LI Li, SONG Jun

(The Department of Cell Biology and Genetics, the School of Basic Medical Sciences, Fujian Medical University, Fuzhou 350122, China)

Abstract Thought experiment is an exploratory thinking activity in which learners follow the patterns and norms of tangible experiments. The combination of constructivist learning, a classic paradigm for effective independent learning, with thought experiment can easily and comfortably enable the meaningful construction of student learning, improve the overall quality of teaching and learning, and achieve the goal of developing innovative talents. In this study, the authors performed an instructional design between the input and output sides of constructive learning through introducing a thought experiment-based visual thinking guidance and evaluation system, and constructed several teaching modules labeled as diseases and focused on exploring the mechanisms of human disease based on the blended teaching practice. In this module, thought experiment was used as a logical tool to guide students to collaboratively and independently achieve the self-construct of new knowledge based on their existing knowledge, and the mind map was used as an outcome as well as an evaluation criteria for students' self-construction. This teaching module enables a more rational integration of Cell Biology into the medical knowledge system, providing new ideas for improvement of teaching quality, achievement of teaching characteristics and enhancement

收稿日期: 2022-12-02 接受日期: 2022-12-30

福建医科大学教育教学改革研究项目(批准号: J21033、J200059)和福建医科大学省级精品课程基金(批准号: FBJG20200012)资助的课题

*通讯作者。Tel: 0591-22862745, E-mail: biocling@163.com

Received: December 2, 2022 Accepted: December 30, 2022

This work was supported by the Education and Teaching Reform Project of Fujian Medical University (Grant No.J21033, J200059) and the Fujian Medical University Provincial Excellence Course Fund (Grant No.FBJG20200012)

*Corresponding author. Tel: +86-591-22862745, E-mail: biocling@163.com

of quality of talent development.

Keywords Cell Biology; constructivism; thought experiment

细胞生物学是生命科学基础学科之一,是培养医学创新型人才的关键平台学科。在学科教学中教育引导学生在已有知识经验的基础上自主学习、主动探究、提升思维,这是学科教学改革的重要任务之一。建构主义学习(constructivism)是有效促成自主学习的经典范式^[1],由其衍生而来的基于问题的学习(problem-based learning, PBL)、基于案例的学习(case-based learning, CBL)、基于研究的学习(research-based learning, RBL)以及线上线下混合等教学模式已在包括细胞生物学在内的许多学科教学中得到广泛应用与认可。该理论认为学习的基本过程是学习者“同化”、“顺应”新知识的过程。“同化”即建立新旧知识联系,“顺应”即根据新知识重塑旧有知识联系,二者均指向知识之间的“关联”^[2]。因而,“关联”是建构主义教学的基础,是实现意义建构的关键。

然而“关联”的破与立是基于学习者自身知识经验在大脑中完成的,“同化”和“顺应”过程实际处于一种黑箱状态。建构黑箱的存在可能是建构主义学习“最低限度指导原则”所致的^[3]。建构黑箱的存在使得研究者往往只能通过建构输出来间接评价新知识的“关联”效果。然而建构输出往往只是一个静态结果,无法实现过程性评价,更何况多数学习者的建构输出并非意义建构,多是知识点的简单堆砌,建构层次较低,缺乏细节建构和意义建构^[4]。

本研究尝试从建构学习的基本单元——“关联”出发,探索促使学习者自主形成有效关联,实现意义

建构的有效方法。这是完善建构主义教学理念、提升案例教学或混合式教学品质的一个基本问题,也是增量问题。本课题组从《医学细胞生物学》教材中抽取部分教学内容,开发出系列以疾病为标签,以探究疾病机制为主线的思想实验教学模块。该教学模块的设计、运行及多维度量化测评可为提升学科教学水平、形成教学特色提供新的思路和依据,也有助于把细胞生物学更好地融入到医学科学知识体系。

1 思想实验教学理念的引入

思想实验(thought experiment)是认识主体在已有知识的基础上,遵循有形实验的模式和规范而进行的一种探索性思维活动。思想实验在科学领域具有与真实实验同等重要的地位,有助于学生科学创新思维及核心素养的提升^[5-6]。经典思想实验可分为三个环节(图1): (1) 从知识A中发现问题并提出假说; (2) 建立思想实验场景进行逻辑推理; (3) 得出结论B。学习者通过思想实验可在A和B之间达成稳固的逻辑关联,实现意义建构,有效杜绝机械记忆。我们的设想是以思想实验为载体在建构学习的输入和输出端之间进行教学设计,直接介入、反映和规范学习者知识建构过程(即A与B“关联”的建立)。若将思想实验广泛应用于思维导图中各个知识点连线(即关联)的建立,则可在建构学习的输入端和输出端之间建立一个导图化的思维评价和干预体系,“建构黑箱”将不复存在,有利于实现意义建构并提升自主学习的效能。

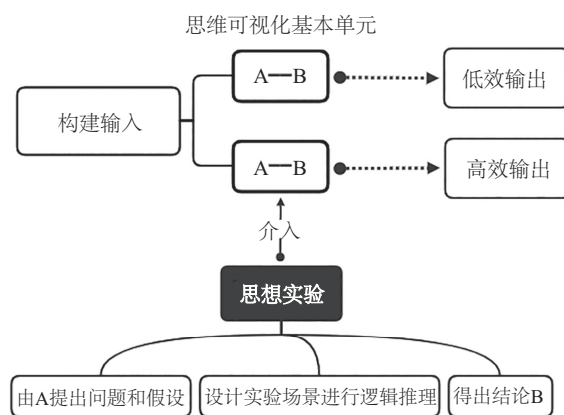


图1 教学模块开发的理论框架

Fig.1 Theoretical framework of the teaching module

2 思想实验教学模块的教学内容和教学设计

从现用教材《医学细胞生物学》(人民卫生出版社,第6版)中选取若干有代表性的疾病案例(表1),将章节教学目标用以疾病为标签的思考目标分别加以表示。所选取的内容基本涵盖了教学大纲的重点内容。教学设计的主要理念是从引导学生从疾病的主要症状出发,通过既有知识和常规思维,基于给定的实验方案、实验结果及课程知识点,模拟科学家对疾病的机制进行思想实验式的探究。主要过程包括:(1)设置疾病情境,触发已有经验事实;(2)形成问题或假设;(3)在给定的实验资料库(含实验设计及结果)中选择合适的实验资料进行思想实验,形成阶段性结果;(4)将阶段性结果与经验事实进行自洽分析,获得新的结论或认知;(5)从所获新认知出发重复上述过程;(6)通过协作探讨完成思维导图作品。这一过程充分体现了建构主义“同化”和“顺应”的学习理念,可有效引导学生通过科学思维和实验设计来强化知识关联,同时也使学生的建构过程可视化,便于回溯、引导和纠正。

3 思想实验教学模块的实施过程

3.1 模块资源的开发和设计

教师梳理疾病机制发现过程中的关键实验,构建包含思想实验三要素的实验资料库。例如,在家族性高胆固醇血症(familial hypercholesterolemia, FH)模块内容的设置上,我们从FH的主要症状黄色瘤(黄色沉积物)或动脉粥样沉积物出发,按照常规科学思维逻辑、课本知识及文献报道,设置了10个包含实验设计、方法、结果在内的子模块(表2)。单一子模块所涉内容包含了思想实验的核心要素即问题或假设、实验方法及预设结果等,并以视频或PPT素材形成实验资料库提供给学生。学生们通过对单一子模块的学习,明确了该子模块所解决的科学问题、所用实验方法及可能的实验结果。

教学设计方面,学生在线上协作学习的基础上对隐去编号(乱序)的子模块进行排序形成逻辑自洽的思维导图,并在两个相邻子模块的连线上标注核心知识点。为了有效提升学生的科学思维能力同时也增加建构学习的趣味性,在子模块设计上可有意

表1 “细胞生物学”思想实验教学模块的主要教学内容

Table 1 Contents of thought experiment module in the course of Cell Biology

序号	疾病名称	主要科学事实	相关章节或知识点
1	家族性高胆固醇血症	LDL受体突变	受体介导的内吞作用
2	II型糖原累积病	先天性溶酶体缺陷	蛋白质合成、折叠、加工及分选
3	线粒体脑肌病	mtDNA突变并累积	线粒体的结构及氧化磷酸化
4	早衰	核纤层蛋白异常	细胞核各附属结构的功能
5	肿瘤	周期蛋白及其调控异常	细胞周期及其调控
6	医疗性克隆	细胞重编程	细胞分化及其调控
7	阿尔茨海默病	A β 对神经元的促凋亡作用	细胞凋亡及其分子机制
		Tau蛋白过度磷酸化	微管及其结合蛋白的结构和功能

表2 FH模块教学内容中各个子模块的设定

Table 2 Setting of sub-module contents in the familial hypercholesterolemia module

序号	实验资料库(含相关实验方法及科学事实)
1	对黄色沉积物的分析检测,结果显示为胆固醇
2	电子显微镜观察呈颗粒状(LDL颗粒)
3	检测FH肝细胞和正常肝细胞胆固醇的合成是否有差异(未见差异)
4	检测FH肝细胞和正常肝细胞对胆固醇的吸收是否存在差异(存在差异)
5	制备ApoB100船锚状突起缺陷的转基因小鼠,发现其合成的LDL颗粒无法被吸收利用
6	利用pull-down技术抓取与ApoB100船锚状突起相互结合的另一成分,即LDL受体
7	电镜观察到LDL颗粒与其受体结合引起质膜内陷形成网格蛋白有被小泡
8	LDL受体胞内段功能突变研究,显示胞内段可介导网格蛋白有被小泡的形成
9	荧光素标记LDL颗粒进行胞内示踪,显示其与内体融合,并最终与溶酶体融合
10	荧光素标记LDL受体进行胞内示踪,显示其与内体融合后返回至细胞膜表面

加入一些冗余的甚至具有干扰作用的实验资料。思政元素融合方面,我们也可采用“自选”模式,即将待选的思政内容呈现给学生,而后让学生自主将合适的思政元素与相应的知识内容进行关联。这种思政元素“自助”融入的教学设计充分发挥了课程思政的学生主体性原则,能够将思政内容作为一个知识点与知识体系进行真正的意义建构。

3.2 线上线下混合式教学的组织实施

(1) 线上协作学习: 学生就上述子模块进行线上自主学习。在掌握了各子模块所包含的建构素材之后,学生以5至6人的分组在课余时间开展讨论,协同完成建构输出。主要任务是将隐藏序号的各子模块(可将之比喻为“珠子”)串并形成具备逻辑性和一定故事性的“珠串”,并在两个子模块连线上填充核心知识点,最终形成细胞生物学知识和各子模块交替串联的思维导图。

(2) 线下师生互动: 主要任务是对已建构的思维导图作品进行回顾和重塑。由于学生已充分熟悉相关建构素材,该环节主要以学生口述报告和组间答辩为主,教师主要以观察者身份发挥引导纠偏作用。口述报告主要是通过呈现各子模块的排序、解释重现两个相邻子模块之间的逻辑性,辅以核心知识点,最终以口述科研“故事”的形式呈现。在这一教学环节,学生可借助生生互动、师生互动再次遍历建构学习的过程,修正结果、加深记忆,得出关于疾病致病机制、实验技术及知识点三位一体的思维导图,达到巩固旧知识,探索新知识的教学效果。

4 思想实验教学模块的质量评价体系

4.1 教学模块的学生满意度评价

学生满意度是影响学生教学模块使用及后期素质能力成长的前提条件。我们将学生满意度分为质量感知和价值感知2个维度分别进行评价^[7]。质量感知评价设置了包括资源设置、任务设置、沟通渠道、思政融入、评价体系等方面的问题,采用Likert 5级评分法进行问卷调查,1~5分别表示认可度从弱到强的5个等级。价值感知主要从专注度、参与度、获得感及合作学习意愿等7个维度进行问卷。

4.2 学生学习力成长评价

学习力是学生适应终生发展所必备的品格和关键能力,其形成不仅是知识体量的积累,更是学习能力的提升、学习素养的升华^[8],学习力各维度

已成为衡量我国大学生学习能力和学习质量的重要指标^[9]。本研究将学习力要素分为学习动力、学习方法、学习毅力、学习效率、创新思维等5个维度。以此为框架,结合大学一年级医学本科生的学情特征编制学习力量表调查问卷。量表共设有20个问题,每个学习力测评维度对应3~5个具备内在一致性的问题。对实施与未实施教学模块的2个同专业平行班学生分别进行线上无记名问卷调查。测评结果的量化采用Likert 5级评分法,利用SPSS 22.0对量表进行信度和探索性因子分析,利用AMOS 25对量表进行验证性因子分析,利用独立样本t检验进行组间比较, $P<0.05$ 表示具有统计学差异。

4.3 学生素质能力成长评价

素质能力成长评价包括过程性评价和总结性评价(表3),其中档案评价以小组互评的方式进行,每两个互评小组在教学实施周期(学期)彼此收集对方的思维导图作品进行组员集体评分,形成“档案袋”,以此衡量学习过程中的努力、进步和成长的状况。每生每学期将会被分配3~5次的课堂口试机会,形成口语评价。口语评价注重学生对知识点本身及其关联性的理解掌握程度,要求学生能够利用逻辑清晰的长句及必要的专业词汇传递自己的思想内容。组员互评是对组员的协作度、参与度、贡献度等进行量化评分,以此杜绝个别组员的学习倦怠情形。总结性评价即期末考试,除基础知识外增设与模块相关的疾病及实验内容,以期达到巩固知识的目的。

5 思想实验教学模块的实践效果

5.1 学生对教学模块的质量感知和价值感知

通过问卷对教学模块的质量感知情况进行调查(表4)。调查结果表明学生对模块资源总体具有较好的质量感知。然而,学生对课程资源的理解领会程度并未达到预期,对任务完成度的感知偏难,对任务趣味性的认可程度较低,提示应对模块内容进行适当精简,降低有效信息的提取难度,并进一步加强模块内容可操作性和趣味性。学生对线下环节中教师的参与和指导表现出较强的依赖性,提示学生群体普遍存在“试错恐惧”,在今后的教学评价设置中应更加凸显过程而非结果。

此外,我们从课堂专注度、参与度、获得感及合作学习意愿等7个维度对模块教学的价值感知情况进行了问卷评估(图2)。结果显示,超过76%的学

表3 细胞生物学思想实验教学模块的评价体系及权重设计

Table 3 Evaluation indexes and weighted distribution of the thought experiment module of Cell Biology

评价体系	评价维度	评价项目	权重
总结性评价	细胞生物学基础知识	课本知识点的掌握	15%
	模块相关的基础知识	模块知识点掌握	15%
过程性评价	档案评价	思维导图作品的整体优劣程度	10%
		作品质量成长指数评价	20%
	口语评价	对知识的理解和掌握程度	20%
		对知识关联性的理解程度	10%
	组员互评	组员对作品的贡献度	5%
		组员的协作与沟通	5%

表4 学生对细胞生物学思想实验教学模块的质量感知评价/%

Table 4 Students'quality perception of thought experiment module of Cell Biology /%

评价项目	5分	4分	3分	2分	1分
学习资源丰富,能够拓展视野并促进知识的深入学习和理解	35.4	32.6	30.7	1.1	0.2
学习任务目标明确、难度适中,与知识点联系紧密,能够通过自主探究或小组协作完成	19.8	32.8	34.1	7.1	6.2
模块教学内容的讲解逻辑清晰、通俗易懂	22.9	38.4	19.6	15.1	4.0
学习过程中的疑难困惑可通过线上沟通交流平台得到快速的响应或解答	59.3	25.8	11.2	3.6	0.1
学习过程中的类似游戏式的教学设计提高了学习的趣味性,同时也提升了学习团队的凝聚力以及攻坚克难的毅力	20.1	35.4	15.1	19.3	10.1
线下学习环节的口语陈述和答辩可以加深对知识的理解、提高交流和表达能力	43.3	25.6	18.9	12.1	0.1
教师在线下学习环节的系统深入讲解,能够更好地促进学生对知识的理解和技能的掌握	65.4	20.4	13.8	0.4	0
课程思政元素的“自助”融入式设计使得课程思政教育更具自主性、真实性,也更加契合学生对知识本体的理解	58.1	21.4	10.2	7.6	2.7
成果评价的多主体、多角度、多形式使得评价更加客观透明	54.4	30.1	9.8	4.6	1.1

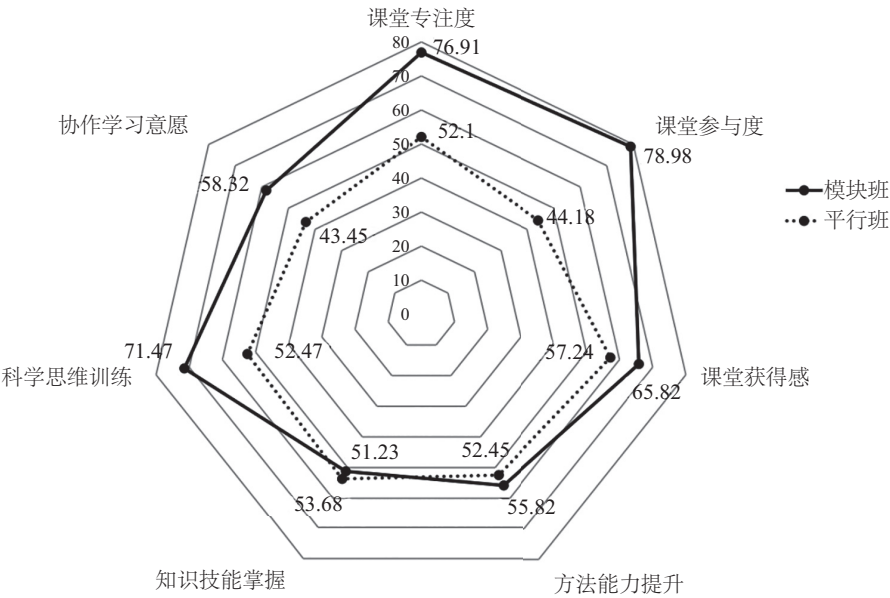


图2 学生对细胞生物学模块化教学的价值感知评价/%

Fig.2 Students' value perception of thought experiment module of Cell Biology /%

表5 学习力量表各维度信度分析
Table 5 Reliability analysis of the learning capacity scale

学习力各评价维度	题数	克隆巴赫系数(Cronbach's alpha)
学习动力	4	0.786
学习方法	4	0.811
学习毅力	3	0.805
学习效率	5	0.880
创新思维	4	0.874

表6 学习力量表的效度分析($n=1\ 182$)
Table 6 Validity analysis of the learning capacity scale ($n=1\ 182$)

量表	题数	NFI	CFI	RMSEA
学习力五因子量表	20	0.955	0.961	0.077

表7 模块教学班与对照平行班学习力各维度差异分析
Table 7 The differences of learning capacity between the modular teaching class and control class

分组	指标	学习动力 (Me=4)	学习方法 (Me=3)	学习毅力 (Me=4)	学习效率 (Me=3)	创新思维 (Me=3)
对照	n	634	634	634	634	634
平行班	均值	3.364	3.173	3.388	3.136	3.169
	标准差	1.199	1.149	1.113	1.092	1.122
模块	n	548	548	548	548	548
教学班	均值	3.502	3.333	3.586	3.278	3.398
	标准差	1.212	1.165	1.075	1.097	1.103
t		-2.632	-3.030	-5.221	-2.541	-3.320
P		0.032*	0.014*	<0.001***	0.033*	0.009**

生认为该教学模块有效提高了他们的课堂专注度, 78%的学生认为该教学模块能够有效督促其线上协作及线下互动的参与度, 有71%的学生认为从该模块的教学中感受到了有效的科学思维训练。有半数以上的学生认可该教学模块能够激发他们协作学习的意愿和能力。另外, 与平行班的比对结果也显示, 模块教学班在多个维度上较平行班都有所提升, 其中专注度、参与度、学习意愿等诸多非智力因素的改善对提升学科教学品质可能发挥潜在的重要作用。

5.2 教学模块对学生学习力成长的影响

利用 SPSS 评估了学习力 5 个维度对应的题目是否具备内在一致性, 即信度分析(表 5)。利用 SPSS 22.0 对问卷题目的效度进行探索性因子分析, 主成分分析合并最大方差旋转(variance)的结果表明, KMO(kaiser-meyer-olkin)值为 0.963, 所抽取的五个因子解释了 75.532% 的总方差。AMOS 验证性因子分析结果显示, 标准拟合指数(normed fit index, NFI)、比

较拟合指数(comparative fit index, CFI)值均大于 0.9, 近似误差均方根(root mean square error of approximation, RMSEA)小于 0.08(表 6), 提示假设模型与研究数据有较好的拟合度。综合表 5 和表 6 的数据, 本研究所用的学习力量表各维度具备较好的信效度。

从总体来看, 学习力特征中的学习动力及学习毅力维度的均值低于中位数, 提示这 2 个维度两极分化的特征较为明显。学习力的方法、效率及创新思维等 3 个维度的均值仅略高于中位数(表 7)。上述结果提示 5 个维度的学习力特征都具有较大的提升和改善空间, 需要加强引导。教学模块受试对象相较于对照平行班而言, 学习力 5 个维度的均值均有所提升, 且存在显著性, 提示该教学模块对学生学习力特征发挥了一定的改善作用(表 7)。

从 5 个维度的标准差来看, 模块教学班的学习方法及学习动力标准差相对较高、数据离散程度较大, 说明学生对学习方法和学习动力表现出更为多元化的认识, 提示该教学模块可使学生在更加多元

化的学习方法、多样化的价值意义中选择匹配到最适合自己的选项。此外,学习毅力及创新思维的标准差在模块教学班则有所下降且存在趋同现象,提示部分学生对二者含义的理解有了进一步拓展,且表现出更高的认可度。

6 思想实验教学模块的教学反思

6.1 教学模块中的思想实验存在一定的局限性

思想实验的介入使课程模块的实施摆脱了时间、空间和仪器试剂的限制和依赖,也使学生在基础教育教学阶段不需要去涉及太复杂的实验原理和方法。然而,本课程模块所涉思想实验并非典型意义上的思想实验,只是利用思想实验的模式对已有的科学发现进行回溯,其思维训练的效果和可拓展性受到生物学实验的实证性原则的影响和制约较为严重。在教学内容设计上,每个子模块的设定实际上处于锁定状态,开放给学生的思考空间十分有限,仅限于子模块之间的逻辑联系。学生无法通过已有知识去预测可能的实验结果,也无法基于已有的知识经验进行证实或证伪的自洽分析。这在一定程度上限制了学生思维能力的提升。鉴于上述原因,课题组后续打算进一步拓展课程素材库,增设一些论文素材中没有、但符合科学逻辑的“空想实验”子模块,鼓励学生基于经验事实和科学思维大胆地进行实验预测。这对今后开展基础科研或临床实践都具有积极意义。

6.2 模块教学内容中学科知识点的覆盖和融入需进一步加强

教学模块所涉知识点虽能够覆盖细胞生物学课程的核心重点,但也有不少细碎而必需要了解的知识点无法全面覆盖。其原因是模块内容的设计是以某一特定疾病为出发点的基于科学实验的探索与拓展。虽然在疾病标签的选取上可尽量覆盖学科的核心内容,但模块教学的开展是以科学实验为轨迹,某些基础知识点的缺位不可避免。此外,学生在学习和建构的时候往往会更加专注于实验方法和结果而忽略了对学科基础知识的学习。无论建构作品还是口述内容均不同程度地表现出学生对学科基础知识了解和掌握的不足,教师在线下环节往往需要牺牲部分互动环节的时间对基础知识进行额外的串讲。模块内容所涉知识点的指向性要进一步明确。鉴于此,目前我们仅将该教学模块作为细胞生物学

课程的一个“卫星课程”来开展,并非一门独立的课程。如何将该教学模块有机整合到细胞生物学课程主体之中,实现细胞生物学教学内容、教学设计、教学方法及教学评价的多元化,这是今后努力的一个方向。

6.3 课程模块虽有局限性但仍具备一定的推广和参考价值

从教学内容指向性来看,本课程从重大人类疾病的视角出发,指导学生从细胞层面剖析疾病的可能机制,这不仅迎合了学生的学习需求,同时也契合了医学院校以器官和重大疾病为落点的课程建设需求。因此,以疾病为标签的教学设计和内容整合几乎可以在任何医学类课程中使用。从课程设计和组织形式来看,线上线下混合式教学仍是主体,思维导图则是普遍使用的思维工具,而思想实验则是科研工作中普遍使用的思维模式。本课程中的各种设计要素均已在教学科研中广泛使用,实践难度较低,具备一定的推广价值。

7 结语

本研究基于现行教材,构建并实践了一系列简化的、以“学生为中心”、以疾病为标签、以思想实验为方法、以探究疾病机制为主线的教学模块体系。该模块的主要特点是融入了思想实验的代表性元素,在教学内容和设计上引入常规科研思维方式及实验设计验证的教学理念,摆脱了传统实体实验限制因素的同时凸显了学科的专业指向,“顺化”了学生的学习需求,提升了自主学习的有效性和趣味性,促进了学生学习力各要素的整体提升,达到了预期的效果。在探究型教学实践中引入思想实验和思维导图的教学设计,使学生的建构学习可视化、可回溯、可重塑,加强了知识的关联度,同时也在一定程度上弥补了建构主义学习过程中教师缺位的弊端。本模块教学内容的实践和探讨可为促进学生自主学习能力的提升提供新的思路,也为高等医学院校细胞生物学教学改革方案提供参考。

参考文献 (References)

- [1] 何克抗. 建构主义的教学模式、教学方法与教学设计[J]. 北京师范大学学报(社会科学版)(HE K K. Constructivist teaching model, teaching method and instructional design [J]. Journal of Beijing Normal University, Social Sciences), 1997, 5: 74-81.

- [2] 王竹立. 关联主义与新建构主义: 从连通到创新[J]. 远程教育杂志(WANG Z L. Connectionism and Neo-constructivism: from connectivity to innovation [J]. Journal of Distance Education), 2011, 5: 34-40.
- [3] 何克抗. 对美国《教育传播与技术研究手册》(第3版)的学习与思考之一——对“建构主义学习原则”和“建构主义教学设计”认识的深化[J]. 电化教育研究(HE K K. The reflections on the “Handbook of Research for Educational Communications and Technology, 3rd edition”—deeply awareness of “constructivist learning principles” and “constructivist instructional design” [J]. e-Education Research), 2013, 7: 5-10.
- [4] 陈凌, 李丽, 宋军. 医学细胞生物学学情调查和思考[J]. 基础医学教育(CHEN L, LI L, SONG J. Survey and reflection on the learning situation of Medical Cell Biology [J]. Basic Medical Education), 2021, 23(8): 547-51.
- [5] 王飞. 思想实验: 提升学生核心素养的重要途径[J]. 当代教育科学(WANF F. Thought experiment: an important way to enhance students' core literacy [J]. Contemporary Educational Science), 2016, 24: 61-4.
- [6] STUART M T, FEHIGE Y, BROWN J R, et al. The routledge companion to thought experiments [M]. London: Routledge, 2018, 243-56.
- [7] 尹苗, 李逢庆. 《细胞生物学》课程混合式教学的设计与实践[J]. 中国细胞生物学报(YIN M, LI F Q. The design and practice of blended teaching in the course of Cell Biology [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2018, 40(2): 260-8.
- [8] 陈光林. 指向学习力培养的深度教学策略[J]. 教育视界(CHEN G L. Deep teaching strategies that point to the development of learning capacity [J]. The Horizon of Education), 2017, 10: 61-3.
- [9] 张湘韵. 我国大学生学习力的特征研究[J]. 湖南师范大学教育科学学报(ZHANG X Y. The study on characteristics of Chinese undergraduates learning power [J]. Journal of Educational Science of Hunan Normal University), 2016, 15(2): 95-101.