

BOPPPS教学模式在细胞生物学实验教学中的应用 初探——以“细胞膜的渗透性实验”为例

高润池 王晓燕*

(云南师范大学生命科学学院, 昆明 650500)

摘要 生物学实验教学是培养创新型人才的重要途径, 然而传统的实验课教学模式缺乏对学生自主学习能力的培养和创新思维的训练。因此, 该研究以“细胞膜的渗透性实验”为例, 将BOPPPS教学模式引入细胞生物学实验教学, 围绕“以学为中心”的教育理念重新设计教学过程, 通过增加学生的参与度, 将被动接受知识变为主动探索知识, 从而培养学生的自主学习能力和创新思维。

关键词 生物学; 实验教学; BOPPPS; 创新思维; 自主学习

Preliminary Application of BOPPPS Teaching Mode in Cell Biology Experiment Course—a Case Study of the Cell Membrane Permeability Experiment

GAO Runchi, WANG Xiaoyan*

(School of Life Science, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

Abstract Biology experiment teaching plays an important role in the cultivation of innovative talents. However, traditional teaching modes in experiment courses do not train students in autonomous learning ability and creative thinking. Thus, using the cell membrane permeability experiment as an example, this study introduced the BOPPPS teaching mode into Cell Biology Experiment teaching, redesigned the lesson process focusing on the student-centered educational philosophy, changed the model from passive acceptance of knowledge to active exploration of knowledge through increasing student participation, thereby training autonomous learning ability and creative thinking of students.

Keywords biology; experiment teaching; BOPPPS; creative thinking; autonomous learning

生命科学是一门实验性很强的学科, 进入21世纪以来, 新的实验技术和实验方法不断涌现, 这对从事生命科学研究的人员提出了更高的要求。高校在培养创新型人才的过程中, 更是任重而道远。为适应创新型人才培养的要求, 云南师范大学生命科学

学院在细胞生物学和分子生物学实验内容上做了大胆的改革, 包括引入新的实验材料、增加前沿的实验技术、设计更加完整的实验内容等^[1-2], 教学实践证明, 这些改革获得了一定的教学效果。

然而, 基础性实验课教学仍以传统教学为主,

收稿日期: 2021-06-16 接受日期: 2021-09-16

国家自然科学基金青年基金(批准号: 31601130)资助的课题

*通讯作者。Tel: 18987677526, E-mail: wxy5837@163.com

Received: June 16, 2021 Accepted: September 16, 2021

This work was supported by the National Natural Foundation of China (Grant No.31601130)

*Corresponding author. Tel: +86-18987677526, E-mail: wxy5837@163.com

只强调学生对实验原理的理解和对实验技术的掌握,而缺乏对学生自主学习能力和创新思维的训练。针对这些问题,我们尝试将BOPPPS教学模式应用到细胞生物学基础性实验教学中,利用互联网学习平台,采用线上和线下、课前与课中相结合的方式,将BOPPPS教学模式的六要素进行合理的布局以达到培养学生的自主学习能力和创新思维的目的,为其接下来适应毕业设计的要求,甚至走向工作岗位或深造打下坚实的基础。

细胞膜的渗透性实验是《细胞生物学实验》教材和实验教学中一个经典的基础性实验。该实验以红细胞膜的通透性为研究主线,紧密结合“细胞生物学”理论课程被动运输这一章节的理论知识;使学生在实验过程中通过观察实验现象、分析实验结果,总结推理出不同溶质分子通过简单扩散跨膜的特点和原理,帮助学生理解细胞膜的选择渗透性相关理论知识^[3]。本文以“细胞膜的渗透性实验”为例,旨在探究BOPPPS教学模式在细胞生物学实验教学中的实施过程、效果及所存在问题,为推动一流人才培养计划提供可参考的教学模式。

1 BOPPPS教学模式概述

BOPPPS教学模式源于加拿大教师技能培训工作坊(Instructional Skills Workshop, ISW),以建构主义和交际法为理论基础,对课程教学进行模块化分解,强调学生在课堂中的主动角色,突出学生的参与式体验^[4]。它将课堂教学过程分为了六个环节,即课堂引入(bridge-in)、教学目标(objective)、前测(pre-assessment)、参与式教学(participatory learning)、后测(post-assessment)和总结(summary)。通过参与式教学发挥学生的主观能动性,让学生主动地去获得知识,并使其成为课堂教学过程的主体。BOPPPS教学模式是目前备受欢迎的教学模式之一,原因是其对从教者来说容易使用、实践和提升,而对学习者来说参与度高、体验性强、学习效果好,能够实现“以学为中心(learning-centered)”和“基于学习结果的教育(outcome-based education)”教学理念。

通常情况下,BOPPPS教学模型对所有不同类型的课程都是适用的,但是考虑到不同课程在应用BOPPPS教学模型时难度会有不同,教学效果也可能存在较大差异,生搬硬套或许会适得其反^[5],因此,需要根据课程的类型和内容进行适当的调整。例如,

BOPPPS教学模式可以明显地将整个理论课分成六个环节,从而实现课堂教学目标^[4]。而将BOPPPS教学模式应用到不同领域(包括物理学^[4]、化学^[6]、医学^[7]、计算机相关专业^[8]等)实验课程时,大都需要借助互联网技术,采用线上与线下、课前与课上相结合的方式^[4],从表面上看,BOPPPS的六个环节时间跨度更大,学生的学习时间也更长。

2 传统细胞生物学实验教学模式

据了解,许多院校在细胞生物学教学中,更加重视理论课的教学,而实验课教学并没有得到足够的关注,或者在方法上并不合适,导致大部分的学生在完成54个学时甚至更多学时的理论课学习后,仍不能独立完成毕业论文的设计和撰写,云南师范大学生命科学学院的情况也与之类似。其原因主要是实验教学仍以“小实验”为主,这些实验内容简单、操作容易、重复性强,仅适合训练学生的基本实验技能。此外,实验教学模式也几乎维持教师讲解,学生进行实验操作和实验报告撰写的传统教学模式。因此,这些局限性的真实存在,导致学生的收获不大,尤其缺乏创新思维的培养,从而直接导致学生完成专业课学习后仍不能独立进行毕业设计。一些高校也已经通过教学改革,比如将“小实验”教学内容放在培养学生实验设计能力、批判性与创新思维能力等实验教学大背景之下,来提升实验教学难度和挑战度,增强学生的学习兴趣,从而促进一流人才的培养^[9]。总之,要实现创新型人才的培养,实验课教学改革势在必行。

3 基于BOPPPS教学模型的教学设计

基于“以学为中心”和“学习结果”的教育理念是将学生被动接受知识转变为主动学习的重要思想。在应用BOPPPS教学模式的细胞生物学实验教学中,先为每个基础性实验设定“科学问题”,并结合学生熟悉的案例导入问题,充分调动学生的学习欲望。再通过“参与式”学习方式,使学生对实验原理、实验方案、实验流程,以及实验结果的描述和分析等进行讨论,最终回答“科学问题”。在这个过程中,学生可以全身心的体会“科学研究”的过程,体验学习的愉悦感,进行知识的内化和迁移,从而提高学习效果。

下面以实验教学中“细胞膜的渗透性实验”为

例,以BOPPPS教学模式为基础设计教学过程,探讨该模式在细胞生物学基础性实验课中的实践过程。

3.1 前测(pre-assessment)

该模块安排在“线上”和“课前”完成,教师通过学习平台发布预习作业。目的是引导学生通过对已有知识的应用,构建知识体系;督促学生进行有效预习,培养其自主学习能力;以及帮助教师掌握学生的学情,合理安排教学时间。

在前测阶段,教师为学生提供课件、参考教材、重要文献等资料。针对教学内容中的重、难点知识,发布作业,引导学生独立或合作完成。根据本实验内容,教师课前在学习通平台上发布三份作业。作业一:“结合细胞生命活动特异性理论知识,以其中一种体细胞为例说明质膜运输的方式。”本作业题考察的是学生对理论知识的掌握情况,考察要点为细胞生长需要的营养物质和细胞的代谢产物,同时学生应该将“食物的消化与吸收”知识相结合,例如,蛋白质在经过消化后降解成氨基酸,脂质被降解成脂肪酸、甘油等,碳水化合物和膳食纤维被降解成简单的糖类。这些营养物质主要通过三种方式进入细胞,即自由扩散(主要是小分子)、协助运输(某些有机分子)、主动运输(脂溶性差的大分子)。作业二:“描述红细胞溶血现象。”本作业题考察的是学生对“红细胞溶血”概念的理解程度。溶血现象指红细胞胀破,血红蛋白溢出的过程,它是本实验的重点内容,学生预习后要能够准确描述“溶血”概念。作业三:根据课件,整理好“实验记录”,内容主要包括试剂的详细配制过程、科学假设、实验设计、实验流程、预期的实验结果等内容。由于时间和条件的限制,不能保证所有同学都能参与到实验准备工作中,因此本作业可以督促学生充分了解实验准备过程,包括试剂配制等基本操作,并且提前熟悉实验流程,一方面可以提高实验课的教学效果,另一方面,可以激发学生参与实验的兴趣和欲望。

3.2 导入(bridge-in)

该模块安排在“课中”。目的是引起学生的兴趣,帮助学生提出科学问题。

引用学生已完成的“甲基绿-派洛宁对洋葱鳞茎内表皮细胞中DNA和RNA的染色”实验作为例子,直观地说明物质是可以穿过细胞膜进入细胞的,但并不是所有的物质都能够自由地通过细胞质膜进入细胞,细胞膜对物质的通透性是具有选择性的。紧

接着探讨“输液要输生理盐水”的例子,来帮助学生理解细胞内环境稳态的重要性。通过实例,加深学生对细胞膜上蛋白质的主要功能的理解,使其明确细胞膜上蛋白质是物质运输的主要载体,通过物质运输为细胞生命活动提供相对稳定的内环境,并且介导细胞与细胞、细胞与胞外基质之间的连接^[10]。

3.3 目标(objective)

该模块安排在“课中”。目的是通过为课程设置明确的目标来保证教师教学过程的有序进行,同时帮助学生自己检验学习效果。

知识目标:理解成熟红细胞作为研究细胞膜的理想模型的原因,并能够描述红细胞溶血概念。能力目标:能够根据不同物质进入细胞的速度差异,判断给定试剂中的物质种类,并准确呈现实验结果。情感目标:建立结构与功能相统一的生命观,激发学生学习兴趣和科学探究欲望。

3.4 参与式学习(participatory learning)

该模块安排在“线下”和“课中”。让学生多方位参与教学从而掌握知识,并在此过程中不断地、及时地反馈学习结果、存在问题等,以便教师及时引导。

尽管在“前测”中已经反映出学生能够准确描述“红细胞溶血”的概念,然而,对于本实验条件下的各种试剂“为什么会引起红细胞发生溶血”和“如何判断红细胞是否发生溶血”的难点问题,学生在预习过程中是很难理解透的。因此,需要通过“参与式学习”引导学生进行充分的讨论和学习,最终帮助学生解决难点知识。在讨论红细胞溶血发生的原因时,可以从红细胞处于低渗溶液、等渗溶液和高渗溶液中的变化来切入。只有学生充分掌握了不同渗透压下的红细胞状态差异,才能理解不同试剂引起红细胞溶血时间差异与物质透过细胞膜的速度之间的关系,即当红细胞被放入不同的等渗溶液中时,由于红细胞膜对各种溶质的渗透能力存在差异,使得有的溶质可以渗入,有的不能。而渗入的溶质能够提高细胞内的渗透性活性分子的浓度,从而使细胞膜的渗透压大为增加,继而导致水的摄入,细胞膨胀,细胞膜破裂,引起溶血,而红细胞发生溶血的时间则可以反映物质穿过细胞膜的速度^[11]。因此,根据“是否溶血”和“溶血时间”,学生可以对给定的试剂进行判断。

对于“判断红细胞是否发生溶血”,学生只要明

表1 鸡血红细胞在不同等渗溶液中的溶血性
Table 1 The hemolysis of chicken red blood cells in different isotonic reagents

编号 Label	具有溶血活性 Possess hemo- lytic activity	溶血顺序 Hemolysis order	推测试剂 Presumptive reagent	设为对照实验 Set as control test
A	是	1	蒸馏水	阳性对照
B	否	5	氯化钠	阴性对照
C	是	3	醋酸铵	否
D	是	4	甘油	否
E	是	2	乙醇	否

白正常红细胞在等渗溶液中以颗粒状存在, 当把细胞悬液放置在试管中时, 由于光不容易透过, 从而会观察到“磨砂状”的悬浊液, 且长时间静置后, 溶液会发生分层; 而当红细胞胀破溶血后, 细胞碎片体积明显变小, 易于光线透过, 因此会观察到透明的血红蛋白溶液。在实验过程中, 由于不同物质进入细胞的速度和能力不同, 因此, 会观察到试管里的溶液由“浑浊”变为“澄清”的时间是存在差异的。

为培养学生创新思维, 教师在课中需要引导学生不断地思考。例如, 除了“红细胞溶血”反映物质进出细胞的方法之外, 是否还有其他判断物质进入细胞的方法? 学生可以将所学知识加以应用, 并提出一系列的方案, 包括细胞体积的变化、颜色的变化(锥虫蓝鉴定死活细胞、甲基绿-派洛宁对DNA和RNA的染色等)、借助设备(膜片钳)等。通过“头脑风暴”, 充分调动学生的思考, 在讨论过程中, 教师要充分发挥引导作用, 不断以启发性问题引导学生思考、讨论, 甚至制定可行的实验方案。通过激烈的讨论和教师的引导, 学生们将重难点知识弄清楚, 这个过程更能够使学生获得学习的满足感。同时, 学生也能够对实验操作、实验结果等有明确的预期和判断, 并且在出现一些预料之外的现象时, 他们能够给予恰当的分析。

3.5 后测(post-assessment)

该模块安排在“线下”、“课中”和“课后”, 以评价是否达到预设的教学目标。

实验材料为字母标记的未知试剂, 它们分别是气体分子、极性小分子、离子、脂溶性分子等物质种类的代表试剂(表1)。学生通过实践操作, 观察并记录不同溶液引起细胞溶血的时间。根据不同物质进入红细胞的规律, 能准确推断给定试剂的种类, 并在实验报告上完成符合要求的统计表格, 则说明学

生已经达到了预定的能力目标。

在分析过程中, 需要体现如下要点: (1) 水是极性小分子, 由于红细胞膜上有丰富的水孔蛋白, 对水分子具有很高的通透性, 因此, 水分子极易完成跨膜运输而使红细胞发生溶血现象, 在实验中可用作“阳性对照”。(2) 氯化钠为强电解质, 在水溶液中发生强电离后, 所产生的带电荷的Na⁺和Cl⁻不能自由穿过细胞膜, 故不能发生溶血现象, 在实验中用作“阴性对照”。(3) 在醋酸铵溶液中, 铵盐在水溶液中电离后产生的NH₄⁺可与水电离出的OH⁻结合生成弱电解质NH₃·H₂O, NH₃·H₂O能够进行自由扩散, 完成跨膜, 进而发生溶血现象^[3]。(4) 乙醇和甘油均为有机分子, 基于细胞膜是由脂类组成的脂双层膜结构的理论知识和相似相溶原理, 有机分子可以完成跨膜过程。但由于两者的分子量存在差异, 乙醇为二碳化合物, 其分子空间要小于三碳化合物甘油, 因此乙醇更容易进入细胞, 所以其溶血时间短于甘油。

3.6 总结(summary)

该模块安排在“线下”、“课中”和“课后”, 以总结知识点。

细胞质膜是细胞与细胞外界环境进行物质与能量交换的屏障, 也是保证细胞正常生命活动的关键, 因此, 为了保证细胞生命活动的有序进行, 细胞膜对不同物质进出必须具有选择性。在多细胞生物中, 细胞质膜上的膜蛋白发挥着细胞识别、物质运输等重要作用, 使细胞维持着一定的内环境稳态, 一旦细胞的内环境稳态被破坏, 就会引起疾病的发生。然而, 单细胞生物面对的环境变化更为直接, 在环境适应机制上也与多细胞生物完全不同。因此, 我们也将单细胞生物对环境的适应问题作为课外拓展研究的课题, 希望通过学生的参与研究, 帮助学生进一步了解单细胞生物和多细胞生物对环境适应机制的

差异。

4 教学效果及存在问题分析

云南师范大学生命科学学院遗传教研室首先尝试将BOPPPS教学模式应用于理论课教学中^[12], 随后将其推广到细胞生物学实验课程的基础性实验, 包括细胞的显微形态观察、细胞凝集反应、细胞器的分离、DNA和RNA的化学显色, 以及细胞膜的渗透性实验中。实践证明, BOPPPS教学模式的各个环节在实验课中的分布与理论课差别较大, 从时间上来说, 跨度更大。从学生的学习行为和学习总结上看, 基于BOPPPS教学模式的改革在一定程度上激发了学生的学习兴趣 and 实验创新思维。此外, 学生在写学习总结过程中描述“细胞生物学实验课程激发了学生学习兴趣和科学探究欲望”、“细胞生物学实验课让自己的科学思维也得到了训练”、“细胞生物学实验课跟别的实验课不一样, 很喜欢这种教学模式, 也更爱生物专业了”, 等等, 这些反馈也表明将BOPPPS教学模式应用到细胞生物学基础性实验教学过程中的方案是可行的。

然而, BOPPPS在实施过程中也存在一些问题。首先, BOPPPS的开放性和灵活性, 对教师的沟通能力和专业知识要求较高; 其次, 学生的主动性和参与度参差不齐, 可能是由于有些学生缺乏自主学习的能力和缺乏自律性。这些问题都需要进一步的研究来克服。总之, 培养学生的自主学习能力和创新思维, 并不是一门课程就能够解决的, 需要结合更多的本专业实验课程, 才能实现培养创新型人才的最终目标。

参考文献 (References)

- [1] 高润池, 吴雪, 倪娟, 等. 将盘基网柄菌用于本科细胞生物学综合性实验教学初探——电穿孔转化绿色荧光蛋白[J]. 中国细胞生物学学报(GAO R C, WU X, NI J, et al. Preliminary study on the use of *Dictyostelium discoideum* in comprehensive undergraduate laboratory instruction in cell biology—transformation of green fluorescent protein by electroporation [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2020, 42(3): 493-8.
- [2] 高润池, 吴雪, 王晓燕. 基于科研能力培养的分子生物学实验教学改革初探——*carA*基因是否与盘基网柄菌细胞的趋化运动有关[J]. 中国细胞生物学学报(GAO R C, WU X, WANG X Y. Reform exploration of molecular biology experimental teaching for improving scientific research ability: whether *carA* gene was related to the chemotaxis of *Dictyostelium discoideum* [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2021, 43(4): 797-804.
- [3] 吴立柱, 曾凡力, 侯春燕, 等. “细胞膜的渗透性实验”在“细胞生物学”实验教学中的创新实践[J]. 中国细胞生物学学报(WU L Z, ZENG F L, HOU C Y, et al. The innovative practice of cell membrane permeability experiment in cell biology experimental teaching [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2019, 41(11): 2178-82.
- [4] 袁晋鹤. BOPPPS教学理念在大学物理实验教学中的探索[J]. 黑龙江教育(理论与实践)(YUAN J H. Explore of college physics experiment based on BOPPPS teaching model [J]. Heilongjiang Education, Theory & Practice), 2019(11): 72-3.
- [5] 刘星妙, 刘超. BOPPPS教学法的理论依据及实践反思[J]. 文化创新比较研究(LIU X M, LIU C. Basic principles and practical applications of BOPPPS [J]. Comparative Study of Cultural Innovation), 2020, 4(34): 107-9,74.
- [6] 王璇, 姜晓晔. 基于BOPPPS模型的无机化学实验教学设计与分析[J]. 广东化工(WANG X, JIANG X Y. Design and analysis of inorganic chemistry experiment teaching based on BOPPPS model [J]. Guangdong Chemical Industry), 2021, 48(11): 226-7,46.
- [7] 唐海玲, 黄秋洁, 梁丹, 等. 目标导向的BOPPPS模式在药剂学实验教学中的应用实践[J]. 山东化工(TANG H L, HUANG Q J, LIANG D, et al. Application and practice of target-oriented BOPPPS model in pharmaceutical experiments teaching [J]. Shandong Chemical Industry), 2021, 50(3): 180-1.
- [8] 柳欣, 张斌, 李徐周, 等. 基于BOPPPS模式的《数据结构实验》教学改革实践[J]. 高教学刊(LIU X, ZHANG B, LI X Z, et al. Teaching reform of data structure experiment based on BOPPPS model [J]. Journal of Higher Education), 2020, 18: 64-6,70.
- [9] 徐柳, 江南屏, 李遂焰, 等. “小实验, 大背景”的细胞生物学基础实验教学模式探索[J]. 中国细胞生物学学报(XU L, JIANG N P, LI S Y, et al. Exploration of teaching mode of “small experiment, big background” in basic experiments of cell biology [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2021, 43(4): 811-4.
- [10] 宋鹏, 张雅莉, 郭秀璞, 等. 细胞膜渗透性实验教法改进[J]. 中国科教创新导刊(SONG P, ZHANG Y L, GUO X P, et al. Improve the teaching method of cell membrane permeability experiment [J]. China Education Innovation Herald), 2012, 17: 93.
- [11] 程旺元, 余光辉, 陈雁, 等. 红细胞膜通透性实验及分析[J]. 实验科学与技术(CHENG W Y, YU G H, CHEN Y, et al. Result analysis of the experiment of red blood cell membrane permeability [J]. Experiment Science & Technology), 2009, 7(5): 39-41.
- [12] 吴雪, 高润池, 曹能, 等. BOPPPS教学模式下的高校“遗传学”课程线上教学设计[J]. 高校生物学教学研究(电子版)(WU X, GAO R C, CAO N, et al. The online teaching design of genetics according to BOPPPS teaching mode [J]. Biology Teaching in University, Electronic Edition), 2020, 10(2): 14-9.