

## · 教学研究 ·

## “101计划”背景下的细胞生物学教学探索

高润池\* 周滔 陈晓波

(云南师范大学生命科学学院, 昆明 650500)

**摘要** 培养未来在基础研究和应用领域的拔尖创新人才是“101计划”的目标。为满足新的人才培养需求, 教育界广泛推崇“学为中心”的教学理念, 然而, 无效的课堂实施路径和策略制约了“学为中心”学习机制的落实。该教学改革以细胞生物学课程为载体, “101计划”的人才培养为导向, 学生真实学习发生为目标, 对课堂教与学的策略进行了改革, 提升了学生运用所学专业知

识高效地解决实际问题的能力。该教学改革的措施可为教师教学提供借鉴。

**关键词** 真实学习; 生物学; 同伴学习; “101”计划; 知识输出

## Exploration of Cell Biology Teaching Under the “101 Plan” Background

GAO Runchi\*, ZHOU Tao, CHEN Xiaobo

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

**Abstract** Fostering outstanding innovative talents for the future in both basic research and applied fields is the goal of the “101 Plan”. To address the new demands for talent cultivation, the educational community widely endorses the student-centered teaching philosophy. However, ineffective classroom implementation pathways and strategies hinder the successful implementation of student-centered learning mechanisms. This pedagogical reform uses Cell Biology as the vehicle, guided by the “101 Plan” talent cultivation goals, with a focus on fostering authentic student learning. It has reformed classroom teaching and learning strategies to enhance students’ ability to effectively apply their specialized knowledge in solving real-world problems. The measures of this reform can serve as a reference for teachers’ instruction.

**Keywords** authentic learning; biology; peer learning; “101 plan”; knowledge output

2021年12月, 教育部在计算机领域率先启动本科教育教学改革试点工作(简称“101计划”), 该计划侧重关注基础学科的本科教育, 主要任务是从教育教学的基本规律和基础要素出发, 通过改进课堂教学方式和提升教学效果, 培养未来在基础研究和应用领域的拔尖创新人才<sup>[1]</sup>。为此, 教育界也发生了翻天覆地的变化, 各种教育理念层出不穷, 而

“学为中心”教育理念受到了一致认可。但由于许多课程无效的实施策略, 导致“学为中心”学习机制落实不到位, 学生的学习行为仍然很被动。因此, 课程教学方式的变革成为了当前课程教学改革的重点内容。

细胞生物学既是生命科学领域的重要基础学科, 也是整个生物学学科体系中的枢纽性学科。它

收稿日期: 2025-09-12 接受日期: 2025-09-30

云南师范大学生命科学教育教学改革研究项目(批准号: BKJG202514)资助的课题

\*通信作者。Tel: 0871-65940143, E-mail: runchigao@163.com

Received: September 12, 2025

Accepted: September 30, 2025

This work was supported by the Undergraduate Education Teaching Reform Research Project of Yunnan Normal University (Grant No. BKJG202514)

\* Corresponding author. Tel: +86-871-65940143, E-mail: runchigao@163.com

不仅在理论上为生命科学的基础研究提供了重要支撑,还在实践层面推动了多项关键技术的突破。同时,它在揭示生命的奥秘、改善人类健康状况以及应对环境挑战等方面发挥着独特而关键的作用。该领域发展迅速,新的研究成果层出不穷,呈现出蓬勃发展的态势。然而,面对有限的教学学时,课程任课教师需要在传授细胞生物学基础知识的同时,引导学生追踪学科前沿进展,更要培养符合“101计划”要求的创新型人才,这对教学工作提出了严峻挑战。因此,亟需建立一套既能促进学生有效学习,又能支持教师高效开展教学的方法体系。

本教学改革基于细胞生物学的“微观性、系统性、动态性”特点,对教师教学策略和学生学习策略进行了多个方面的改革,改变教师“一言堂”的现象,让学生亲自体验并实现真观察、真思考和真表达,从而培养学生运用所学专业知识和解决问题的能力,以及未来在基础研究和应用领域的创新人才。本教学改革也为其他细胞生物学教师教学提供借鉴。

## 1 细胞生物学的特征

细胞生物学是研究细胞生命活动规律的科学,细胞作为生命活动的基本单位,其直径较小,绝大多数细胞无法通过肉眼辨别。细胞中的各种细胞器和生物大分子大小仅数纳米,它们完成生命过程也在纳米空间内。因此,细胞生物学学科发展高度依赖光学、电子、原子力等显微镜技术,以及荧光标记、单分子成像、超分辨成像等微观探测手段。总之细胞生物学从方法论到认识论都根植于微观世界。细胞生物学除了微观性特征外,还具有动态性的特点,例如,DNA分子的复制、转录、翻译;细胞质膜的物质跨膜运输、线粒体的融合分裂、钙闪烁、细胞的运动和分裂等,这些与生命活动息息相关的细胞事件时时刻刻在发生。然而,这些细胞事件又不是独立存在的,它们之间存在千丝万缕的联系,并通过基因调控网、蛋白互作网、细胞通讯等形成膜系统、骨架系统和遗传信息系统。

细胞生物学基础知识丰富,但“结构决定功能,功能依赖结构”的核心贯穿了微观的分子层面到宏观的细胞整体。每个细胞结构的存在都对应着特定的生命活动需求,而任何细胞功能的实现都以稳定的结构为基础。这种辩证关系不仅有利于揭示细胞作为生命的基本单位,更利于理解生命活动的基本

规律。利用“结构-功能”的逻辑构建知识框架,不仅方便学生系统地掌握和理解细胞结构和功能特征,而且更利于学生将微观世界的细胞活动与宏观生命现象相联系,从而逐渐掌握细胞生物学的精髓。

本课程中用于介绍细胞“结构与功能相统一”的例子十分丰富,比如,线粒体作为细胞的“动力工厂”,其结构特点包括双层膜结构,且外膜平滑且透性强,在隔离细胞质基质的同时又能够保证某些物质的快速运输,从而轻而易举地“索取”细胞质基质的资源为自己使用;而内膜高度不透,且向内折叠形成嵴,这大幅增加了膜表面积,利于有氧呼吸酶系的附着,从而高效完成能量转换。当线粒体结构受损(如嵴断裂或膜电位崩溃)时,其产能功能会立即衰退,进而引发细胞代谢紊乱,这一现象在心肌细胞等高度依赖能量的细胞中表现尤为显著。

又如,细胞膜的流动镶嵌模型更是结构决定功能的典范。磷脂双分子层构成的基本骨架具有流动性,镶嵌其中的蛋白质则承担着物质运输、信号传递等功能。同时,作为细胞区室化的膜结构,不同细胞器膜的组成成分又与细胞器的功能息息相关,如溶酶体膜上分布着丰富的质子泵,为保证溶酶体内pH较低的环境和酸性水解酶发挥功能提供保障;当溶酶体膜稳定性下降,水解酶外溢会导致矽肺、类风湿性关节炎等疾病的发生。

再如,细胞骨架的动态结构与功能关系则展现了“结构决定功能,功能依赖结构”的灵活性。由微管、微丝和中间纤维构成的细胞骨架网络结构,不仅能维持细胞形态(如神经细胞的轴突延伸依赖微管的定向组装),还能通过自身解聚与聚合的动态变化,驱动细胞运动(如变形虫的伪足伸缩)和细胞器运输(如线粒体沿微管的定向移动)。当微管蛋白被秋水仙素破坏时,细胞骨架解体,细胞会失去形态支撑,有丝分裂过程中的纺锤丝和纺锤体(中心体)也无法形成,最终导致细胞增殖停滞。

“结构决定功能,功能依赖结构”的逻辑也是细胞生物学的核心方法论,通过解析结构来阐明功能机制,通过功能异常反推结构缺陷。在疾病研究中,这一逻辑尤为重要,例如在阿尔茨海默病中tau蛋白的异常聚集导致微管结构崩溃,进而引发神经元功能衰退,为理解病因和开发治疗方案提供了关键线索。可以说,把握结构与功能的辩证关系,就把握住了打开细胞生命奥秘之门的钥匙。

## 2 教学改革举措

### 2.1 可视化教学

细胞的结构和生命活动具有微观且动态的特点,将微观抽象的细胞结构与生理过程以直观、易懂的方式呈现出来是课程教学和学习的重要途径,因此可视化手段自然而然地成了课程教学和学习的重要手段之一。在细胞生物学课程教学中,我们借助教材中的示意图、动画视频等可视化工具直观展示细胞的结构与生命活动。而在学习进程中,绘制模式图是一种极为有效的可视化手段,它不仅可以强化学生对细胞结构的空间认知,而且还能将复杂的分子事件转化为具象化的视觉记忆,从而帮助学习者攻克理解难点,可谓“一图胜万言”。

例如,在学习“细胞质膜”、“物质跨膜运输”、“细胞内膜系统”和“蛋白质分选”四个章节时,如果通过文字来学习和记忆相关知识,内容十分复杂且知识之间的相关性不直观。例如,在表述“蛋白质分选”时,文字内容大致为“由核基因编码的蛋白质经过转录后形成的mRNA通过核孔被转运到细胞质基质中,此后与核糖体结合并通过两条途径完成蛋白质的翻译,其一是通过信号肽将mRNA转移到内质网,再经过内质网的修饰和加工转运到高尔基体,最后在高尔基体的反面膜囊被分选参与质膜的形成或分泌到细胞外;其二是在细胞质基质中完成翻译和加工,再通过导肽或信号斑将蛋白质分选到不同的细胞器”,然而,用绘制图表的方式只需要少许符号就可以将这个过程中直观地展示出来。因此,借助绘图学习的方式,学生则可以轻而易举地掌握细胞质膜的结构特征和物质跨膜运输方式,以及细胞器分布特点和蛋白质的合成与分选的空间特征,甚至能够发现这些知识之间的联系。

再如,细胞信号传递作为细胞生物学中高度抽象的核心内容,涉及受体识别、信号分子传递、级联反应等复杂动态过程。在学习细胞信号传递通路及网络等相关章节的知识时,绘制通路图不仅可以将抽象机制转化为可视化过程,而且还能显著降低学生对信号传递过程的理解难度。

### 2.2 案例驱动教学

“101计划”的提出凸显了传统教学模式中单纯侧重知识点传授的局限性,其已难以满足基础研究与应用领域拔尖创新人才的培养诉求。然而,理论与实践应用相脱节的现象在许多的领域中频频发生<sup>[2-4]</sup>,为为

解决这一问题,教育者尝试了各种教学方式,例如,有研究表明,教研融合的细胞生物学教学在一定程度上能够培养学生科研思维和创新创造能力<sup>[5]</sup>;又如,基于OBE(outcome based education,称为成果导向教育-CDIO[C构思(conceive)、D设计(design)、I实现(implement)、O运作(operate),简称CDIO工程教育理念])的教学理念可以提高学生学习的主动性,有利于创新型人才的培养<sup>[1]</sup>;此外,基于具体且真实问题情境的案例教学,结合实践为导向可以激发学生的探究兴趣与批判性思维,因而提升学生实践能力和培养其创新思维<sup>[6]</sup>。

本教学改革基于前人的研究发现,针对细胞生物学核心知识体系,配套设计了一系列紧密关联的应用案例(表1),旨在通过案例为学生构建理论知识与实践应用相融合的学习情境,促使其在分析和解决问题的过程中实现知识的主动建构与技能的协同培育,从而培养“101计划”所需要的创新型人才。

例如,在讲授“跨膜转运”时,教师先系统介绍物质跨膜运输的特征,再以人工脂质体模拟生物膜双分子层实现药物包裹与靶向递送为例,提供诸如环肽跨膜通道通过亲疏水区域调控构建人工转运路径的例子拓展,让学生理解跨膜转运的结构基础与设计逻辑。接着通过讲解葡萄糖转运蛋白1(glucosetransporter 1, GLUT1)对葡萄糖的转运特征和空间分布特点,以及GLUT4在胰岛素信号下的膜转位,体现脂肪和肌肉组织葡萄糖摄取的动态调控,帮助学生掌握生理状态下转运蛋白的作用机制。最后,通过讲解GLUT1缺陷致脑供能不足引发神经病变、GLUT4转位障碍因PI3K-Akt通路异常导致胰岛素抵抗、囊性纤维化因囊性纤维化跨膜转运调节蛋白(cystic fibrosis transmembrane conductance regulator, CFTR)通道缺陷造成黏液黏稠等转运异常病理案例,使学生明晰转运功能与疾病的关联,助力学生建立“结构-功能-稳态-疾病”认知框架,同时深化其对跨膜转运核心作用及基础到临床转化逻辑的理解,实现理论知识与实践应用的有机结合。

### 2.3 递进式问题链教学

在细胞生物学中,复杂概念往往涉及多层级的结构、动态的生理过程或跨系统的调控机制。因此,在本教学改革实践中,教师并非直接告诉学生“是什么”,而是通过设计一系列的问题,不断地追问“为什么”和“怎么样”来系统化拆解知识点,引导学生构建



表1 理论知识与实践应用

Table 1 Theoretical knowledge and practical application

核心知识	案例教学
Core knowledge	Case-based teaching
膜系统	人工脂质体在医学和分子生物学中的应用介绍; 环肽人工跨膜通道用于抗癌药物递送; GLUT1转运葡萄糖形成血脑屏障; GLUT4在胰岛素信号下的膜转位; GLUT1缺陷综合征; 囊性纤维化; GLUT4转位异常的生物学与病理学原因
能量系统	线粒体疾病——Leigh综合征; “三亲婴儿”之线粒体替代疗法; 超级稻“长、直、窄、凹、厚”理想株型
细胞骨架系统	盘基网柄菌趋化性运动与伪足特性; 细胞过度迁移: 片状伪足与癌症转移; 细胞迁移不足/缺陷症: 如胚胎畸形发育、蝾螈尾部再生缺陷
遗传信息系统	三花猫成色; 镰状细胞贫血症; 化学重编程技术(iPS细胞)治疗镰状细胞贫血症

结构化认知体系,掌握复杂的知识,从而建立“是什么-为什么-如何应用”(what-why-how)认知框架。该框架中“是什么”(what)帮助学生明确知识核心与逻辑起点,继而深入探讨“为什么”(why),促使学生理解概念背后的科学原理和功能意义,最后延伸至“如何应用”(how),培养学生的实践能力与创新思维。例如,在阐述细胞质膜结构时,教师引导学生思考其组成成分及其排列方式(what),当学生真正理解“细胞质膜为何是流动镶嵌模型”(如磷脂双分子层的理化特性与功能需求的适配)非机械记忆结构描述时,知识便从孤立的“事实”转化为有逻辑关联的“网络”,这种理解能显著提升学生的记忆稳定性和后续对知识的提取效率,避免“学后即忘”。随后引导学生探究脂类多样性对膜流动性的贡献(why),如“质膜为何由不同脂类构成?单一成分会导致何种后果?”,引导学生从现象到机制的深度思考,实现对知识点的透彻理解与灵活运用。最后探讨基于膜特性的药物递送设计(how),通过思考“如何基于膜结构设计药物载体”,学生能跳出被动接受的状态,主动探索知识的应用场景,这种过程不仅能强化学生对知识的理解,更能培养其分析、推理和创新的思维能力,让学习从“知道”升级为“会用”。三者的协同作用,能让学习形成“明确对象-理解逻辑-掌握方法”的闭环,从而提升学生的知识掌握效率,以及培养他们深层思考与实践应用的能力,尤其适合学科知识体系复杂、逻辑关联紧密的学习场景,帮助学习者构建结构化、可迁移的知识框架。

2.4 类比式教学

类比式教学法是利用类比进行教学的方法,其理论基础主要植根于有意义学习理论、激活理论以及迁移理论<sup>[7]</sup>。通过类比,学习者可以将新知识与结构相似的旧知识关联,推导未知性质以解决问题,优

点在于能建构生动情境、激发兴趣,降低理解难度,培养创新思维,提高教学效率。在本教学改革中,我们使用类比教学法和类比学习法,通过一系列的类比,使学生能够具象地了解细胞生物学中抽象的概念,从而帮助其理解复杂的生命活动机制。

例如,教师通过构建类比模型,将马达蛋白、微丝和货物分别具象化为生活中的车辆、高速路和运输物资,使学生能够直观地认知这一运输系统的运作机制。在这种情境下,学生不仅能够准确理解马达蛋白作为“动力来源与执行者”的功能定位,以及ATP在此过程中的供能作用,还能够基于已有知识体系提出具有科学探索意义的问题:鉴于现实生活中高速公路的双向通行特征,细胞内的货物运输是否也具备类似的空间移动特性?这种基于类比推理的提问体现了学生对所学知识的主动思考与深度理解。在教学实践中,教师并未直接给出答案,而是引导学生结合马达蛋白的功能特点展开讨论。研究表明,在微管轨道上确实存在两类功能相反的马达蛋白(如动力蛋白和驱动蛋白),它们分别介导货物向相反方向运输,从而实现细胞内物质运输的双向性特征。这种教学互动不仅加深了学生对知识点的理解,更培养了其科学探究的能力,充分体现了有意义学习的发生过程。

又如,在讲解“微丝的组装”这一知识点时,教师采用建设项目类比策略,将可溶性肌动蛋白、结合蛋白以及微丝分别对应为建筑材料、施工设计和建筑成果,并进一步将微丝组装的关键要素细化为“修建高速路”的具体场景。这种类比不仅贴合微丝作为细胞内运输轨道的功能特点,还通过具象化的场景帮助学生理解复杂的生命过程。在这一模型中,结合蛋白的作用类似于建设项目中的顶层设计者,其调控机制决定了“高速路”的修建与否;而肌动

蛋白单体的动态变化则相当于建设资金的投入与分配,直接影响“道路”的质量和形态。最终,微丝的形成是这些要素共同作用的结果,其中结合蛋白在调控微丝组装行为中扮演着关键角色,体现了其对微丝功能发挥的重要性。值得注意的是,肌动蛋白单体的ATP结合状态显著影响微丝聚合速率,而这一动态过程正是由结合蛋白与ATP-肌动蛋白相互作用所驱动的。通过这种类比教学方法,学生不仅能够理解微丝组装的基本原理,还能构建起对细胞骨架动态调控机制的整体认知框架。

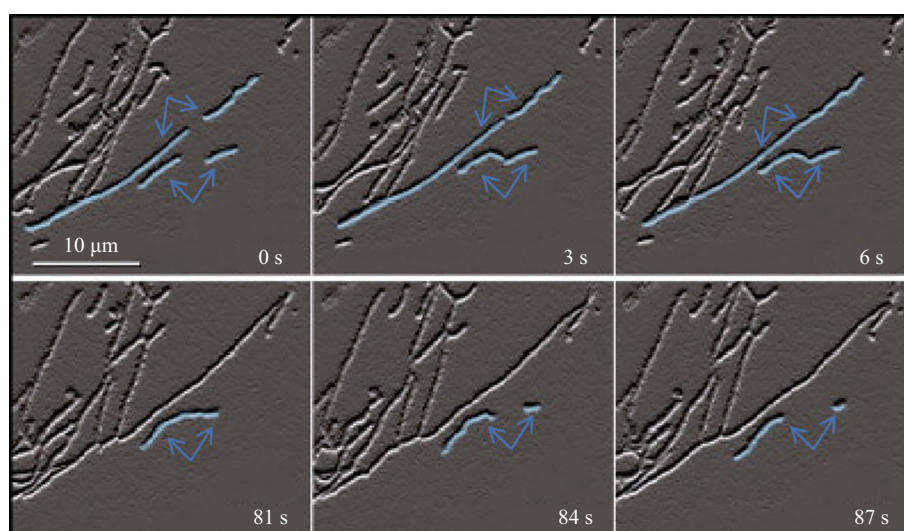
## 2.5 科学研究思维训练

细胞生物学是一门实验性科学,因此,在开展细胞生物学课程教学中,教师根据教学内容提供一系列的实验数据或图片,让学生参与观察、分析和解读,通过“科学教授犹如科学探究”的教学理念,使学生掌握基础知识的同时培养科学思维<sup>[8]</sup>。如讲解线粒体融合与分裂知识,我们选用了参考文献<sup>[9]</sup>和<sup>[10]</sup>中的图(图1)。在教师的引导下,学生通过认真观察图中的信息,他们依次获得了以下信息:蓝色标记的线粒体、箭头的指向、10  $\mu\text{m}$ 的比例尺、时间系列。进一步观察会发现这组图片来自同一个视野的不同时间点,从0秒到6秒的图片中,蓝色标记的线粒体结合到了一起;而从81秒到87秒图片中,蓝色标记的小片段线粒体发生了分裂,然而分裂的位置并不是融合的位置。从这些结果中学生自己归纳出

了线粒体动态性的结论。然而,要培养学生的科研思维,我们还可以利用这个材料进一步引导学生思考,比如,线粒体为何要在不同的位置发生融合和分裂?大片段的线粒体为什么不分裂?在7秒至80秒内,线粒体形态并未发生明显变化,这个时候线粒体在做什么?是什么决定线粒体的分裂与融合?

通过这样的刻意练习,学生们不仅对科学现象的认识得到提高,而且学术洞察力也得到了培养,同时上课的注意力也得到了改善,教学质量也得到了提升。需要强调的是,在教学过程中,教师要引导学生客观、全面地分析实验结果,因为在实验探究中,除了获得预测内的实验现象外,同样还会有一些预测外的现象,且预期结果之外的现象往往蕴含着更大的创新潜能。

在培养科研素养过程中,学生除了要掌握有观察和分析结果的技能外,同样还需要具有提出假设、设计实验、证明假设的能力。因此,在教学过程中,教师可以充分发挥实验素材的作用,实现“现学现用”。如,在“核质蛋白入核”实验的教学中,同样使用上述教学方法,通过引导学生观察实验模式图(改编自LASKEY et al., Cell, 1978)(图2A),学生获得实验的相关信息:将具有圆形头部与杆状尾部的五聚体核质蛋白、仅含头部或尾部的截短体蛋白,以及“单尾+全头”的嵌合体蛋白,分别显微注射到细胞核或细胞质中,一段时间后这些不同蛋白的定位存



蓝色箭头表示发生分裂或融合的线粒体。

Blue arrows denote mitochondria that have undergone fission or fusion.

图1 线粒体融合与断裂(修改自文献<sup>[9-10]</sup>)

Fig.1 Mitochondrial fusion and fission (adapted from references <sup>[9-10]</sup>)

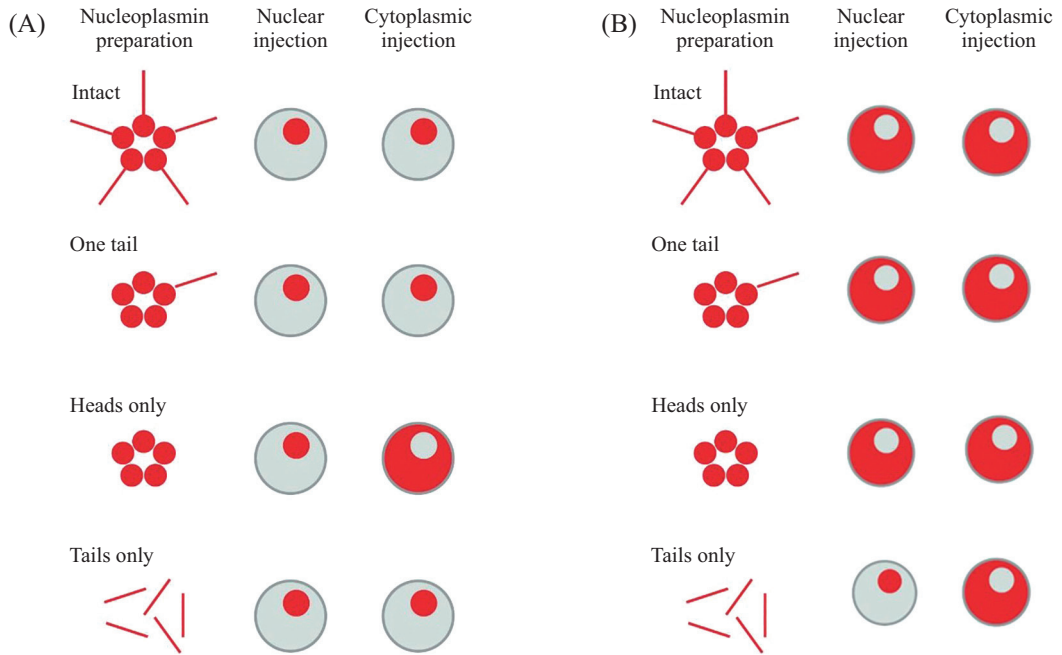


图2 核质蛋白的入核与出核(改编自LASKEY et al., Cell, 1982, 并参考丁明孝老师等编写的《细胞生物学(第五版)》的辅助教学课件和文献[11])

Fig.2 Nuclear import and export of nucleoplasmin (adapted from LASKEY et al., Cell, 1982, with reference to teaching slides from “Molecular Cell Biology (5th edition)” by DING Mingxiao et al. and reference [11])

在差异, 最终学生能够自主归纳出“尾部包含入核信号”的核心结论。此时, 教师进一步引导: “假设头部存在出核信号, 能否沿用类似思路设计实验验证?”, 这一问题将促使学生对刚建立的“信号序列-核孔运输”模型进行反向应用(图2B)。这种教学设计将单次验证性观察转化为生成性探究过程, 使学生不仅理解核孔主动运输的机理, 更能真正实现对这一机制的“主动应用”, 达成从认知到实践的深度内化。

关于科研思维的培养方法, 我们还通过科学研究遵循的一般规律, 即关注前人的研究成果或科学发现, 认识前人的不足, 提出相应的科学问题, 设计方案, 解决问题。例如, 作为细胞生物学必需的工具——显微镜, 最早由胡克发明的普通复式光学显微镜可以观察水样、植物材料等样品, 然而其不适合于观察活体培养的动物细胞, 由此人们发明了倒置相差显微镜, 同样地, 倒置相差显微镜对于细胞轮廓或边界的观察是不够的, 人们又继而发明了微分干涉显微镜, 后续一系列显微镜的发明都是由于现有显微镜不能够满足人们对于观察细胞结构的需求。类似的例子非常多, 例如, 人们在认识细胞膜结构的过程中, 许多的科学家通过不断地优化前人的结果, 最终在电镜下看到了真正的膜结构(表2)。通过这样的

教学过程, 学生的科学研究思维得到了训练。

2.6 费曼学习法

理查德·菲利普斯·费曼(Richard Phillips FEYNMAN)曾提出经典的“费曼学习法”, 该学习技巧的其基本理念是: 如果一个学习者能将所学知识传授给别人, 让别人理解这些知识, 那就说明他真正地掌握了该知识, 简单来说, “费曼学习法”的核心是强调“知识输出”<sup>[12]</sup>。在以往的教学, 我们的教学方式更侧重如何帮助学生进行信息输入和信息处理, 而对于学生的“知识输出”的考察几乎都只安排考试或考察这些简单的检测方式。在本次教学改革中, 我们采用“同伴互讲知识”的方法实现知识的实时输出, 这个环节安排在教师讲解完一个重要的知识点, 或者一个大单元知识后, 根据知识的复杂性进行分组和组内成员互讲知识。通常情况下, 一个小的知识点安排同桌之间的互讲, 而大单元知识点则安排三位同学互讲, 教师在这个过程中通过巡逻参与其中。“同伴互讲知识”的方法使得学生的学习变得更加的主动, 他们为了获得同伴的肯定, 学习更加努力, 此外, 在讲解的过程中, 学生们能够及时得到同伴和老师的反馈, 与传统教学相比, 这种方式极大地提高了反馈的效率。从实践教学来看, 学生们



表2 细胞质膜的认识过程

Table 2 The process of understanding the plasma membrane

时间 Time	代表性人物 Representative figures	实验内容 Experimental content	获得的结论 Conclusion	未解决问题 Unresolved issues
19世纪90年代	OVERTON	质壁分离实验和油水混合实验	细胞膜是半透膜; 细胞膜由脂类组成	非定性实验
1917年	LANGMUIR	脂类单分子膜实验	细胞膜由脂单分子层构成	非定量实验
1925年	GORTER和GRENDL	红细胞膜表面积测定	细胞膜由脂双分子层构成	细胞膜表面张力小的原因
1935年	DAVSON和DANIELLI	不同物质对油水界面表面张力的影响	细胞膜的脂双分子层内外两侧有蛋白质分子覆盖	仍未观察到细胞膜真实结构
1959年	ROBERTSON	电子显微镜成像技术	提出细胞质膜的单位膜模型, 即流动镶嵌模型	-

-: 无。  
 -: none.

非常喜欢这个环节, 他们会讲得很投入, 也表现出满满的成就感。该活动的另外一个优点就是可以随时调节大脑, 更利于注意力的重新集中。

3 结语

本教学改革以“101计划”背景下人才培养需求为出发点, 旨在落实“学为中心”的教育理念, 促进学习的真实发生。为此, 通过结合细胞生物学知识特征, 教师从多个方面对教学策略和学习策略进行了改革, 提升了学生的学习能力和知识迁移的能力, 为我校“101计划”背景下创新型人才的培养奠定了基础, 同时对细胞生物学理论课教学改革也具有重要的指导意义。如何进一步实现学生对细胞生物学知识的灵活应用, 将是我们下一步的教学目标。

参考文献 (References)

[1] 李艳艳, 任富增, 廖成竹, 等. “101计划”背景下基于OBE-CDIO理念的材料专业实验教学探索[J]. 硅酸盐通报(LI Y Y, REN F Z, LIAO C Z, et al. Experimental teaching exploration of materials major based on OBE-CDIO teaching philosophy under background of “101 Plan” [J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society), 2024, 43(4): 1539-44.

[2] 丁志刚, 姜海洋. 公安院校中艺术教育理论与实践的深度融合研究[J]. 黑龙江工业学院学报(综合版)(DING Z G, JIANG H Y. Research on the deep integration of art education theory and practice in public security colleges and universities [J]. Journal of Heilongjiang University of Technology, Comprehensive Edition), 2025, 25(4): 17-20.

[3] 王聪. 教学理论与实践的脱节现象再思考[J]. 教学与管理(WANG C. Rethinking the disconnect between teaching theory and practice [J]. Journal of Teaching and Management), 2018(12): 17-9.

[4] 岳川, 张健, 刘桃丽. 理论实践融合教学法在软件工程课程中的研究与实践[J]. 高教学刊(YUE C, ZHANG J, LIU T L. A study on integrated theory-practice teaching methods in software engineering courses: from concept to implementation [J]. Journal of Higher Education), 2022, 8(5): 62-5,70.

[5] 何晓燕, 乔磊. 教研融合的细胞生物学实验教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索(HE X Y, QIAO L. Reform and practice of cell biology experiment teaching with the integration of teaching and research [J]. Research and Exploration in Laboratory), 2023, 42(3): 196-201,268.

[6] 杨善良, 林涛, 马新娟. 基于案例驱动的强化学习课程教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索(YANG S L, LIN T, MA X J. Teaching reform and practice of case-driven reinforcement Learning course for professional degree postgraduates [J]. Research and Exploration in Laboratory), 2025, 44(5): 169-73.

[7] 梁士杰, 袁劲松. 基于类比式教学的路由交换技术教法研究[J]. 电脑与电信(LIANG S J, YUAN J S. Research on the teaching method of routing and switching technology based on analogical teaching [J]. Computer & Telecommunication), 2024(12): 74-8.

[8] 高润池, 蒋锐达, 王晓燕. 基于科学精神的细胞生物学实验课程思政设计与实践[J]. 中国细胞生物学学报(GAO R C, JIANG R D, WANG X Y. Design and practice of cell biology experiment course based on scientific spirit cultivation of ideology and politics [J]. Chinese Journal of Cell Biology), 2023, 45(8): 1201-7.

[9] CHAN D C. Mitochondria: dynamic organelles in disease, aging, and development [J]. Cell, 2006, 125(7): 1241-52.

[10] CHEN H, DETMER S A, EWALD A J, et al. Mitofusins Mfn1 and Mfn2 coordinately regulate mitochondrial fusion and are essential for embryonic development [J]. J Cell Biol, 2003, 160(2): 189-200.

[11] DINGWALL C, SHARNICK S V, LASKEY R A. A polypeptide domain that specifies migration of nucleoplasmin into the nucleus [J]. Cell, 1982, 30(2): 449-58.

[12] 安献丽. 师范生基础心理学教学改革的思考——基于知识输出的教学实践[J]. 高教学刊(AN X L. Reflections on the reform of foundational psychology education for preservice teachers: Teaching practices centered on knowledge output [J]. Journal of Higher Education), 2023, 9(15): 119-22.