

中医药院校生物化学课程中“生物氧化”的教学探索与实践

彭晓夏, 张丽波, 弓强, 张晓薇*

(山西中医药大学基础医学院生物学系, 晋中 030619)

摘要: 生物化学是中医药院校临床专业的基础课, 也是学生反映难度较大的课程之一, 特别是物质代谢部分内容复杂、抽象。生物氧化是物质代谢的基础, 通常安排在代谢篇章的第一部分讲授, 因其知识抽象、逻辑性和理论性较强, 成为学生难学、教师难教的内容。在教学中, 我们主要采用联系比较、角色扮演、类比推理等方法, 并紧扣临床疾病、生活案例、科研成果等内容, 将抽象的知识形象化、具体化, 帮助学生克服畏难情绪, 引导他们主动学习。同时, 我们还结合教学内容融入思政教育, 践行“立德树人”的根本任务。本章的教学策略和方法取得了较好的效果, 有助于激发学生的学习兴趣、锻炼自主学习和解决问题的能力, 进一步推动了人才培养目标的实现。该策略也同样适用于其他章节, 希望为中医药院校同仁的生化教学提供一些启发和帮助。

关键词: 生物化学; 生物氧化; 中医药院校; 教学策略; 教学方法

Teaching exploration and practice for teaching biological oxidation in the course of Biochemistry in traditional Chinese medicine colleges

PENG Xiaoxia, ZHANG Libo, GONG Qiang, ZHANG Xiaowei*

(Department of Biology, School of Basic Medical Sciences,

Shanxi University of Traditional Chinese Medicine, Jinzhong 030619, China)

Abstract: Biochemistry is a compulsory basic course for clinical majors in universities of traditional Chinese medicine, which is also one of the most difficult courses for students to learn. In particular, the metabolism of substances is complex, and difficult to understand. Biological oxidation is the basis of material metabolism, which is usually taught before glucose metabolism, lipid metabolism, amino acid metabolism and nucleotide metabolism. The content is difficult for students to learn and also difficult for teachers to teach, because it is abstract, logical and theoretical. When we teach this chapter, we mainly use comparing, role playing, analogical reasoning and other teaching method. We also connect the knowledge with clinical diseases, biochemical cases, scientific research results and so on. Therefore, the abstract knowledge is visualized and concretized to help students overcome the fear of difficulties and guide them to take the initiative to learn. At the same time, we integrate the ideological and political education during teaching, and practice the purpose of establishing morality and cultivating people. This teaching strategy and methods have achieved good results, which stimulates students' interest in learning, exercises their abilities of independent learning and problem solving, and further promotes the realization of personnel training. This strategy is also applicable to other

收稿日期: 2022-03-20

基金项目: 山西省高等学校教学改革创新项目(J2021448、J2019151); 山西中医药大学教学改革创新资助项目(2019009、2020209); 山西省高等学校精品共享课程(线上)建设项目(K2020272)

第一作者: E-mail: pengxiaoxia039@126.com

*通信作者: E-mail: ty-xwzhang@126.com

chapters, hoping to provide some inspiration and help for the Biochemical teaching of colleagues in universities of traditional Chinese medicine.

Key Words: Biochemistry; biological oxidation; university of Chinese medicine; teaching strategies; teaching method

生物化学(简称生化)是中医药院校各临床专业的一门必修基础课,是从分子层面解释生命活动化学本质的学科。生化的教学内容主要包括生物大分子的化学结构及功能、物质的代谢过程及其调控规律^[1]。生化涵盖的知识内容较为抽象、难懂、更新迭代较快,与临床医学专业知识的直接关联度不高,导致一些学生的学习积极性较差。而且,中医药院校临床专业的学生文理科背景兼有,化学、生物学基础参差不齐,甚至半数学生高中阶段没有接触过化学,严重影响生化课程教学活动的开展和教学目标的实现。

我校生化课程的授课对象主要为中医学、针灸推拿学、护理学和中西医结合专业的本科生,以《生物化学》第四版(郑晓珂、冯雪梅主编,人民卫生出版社出版)为主要参考教材(文中所述章节、教学内容均按此教材)^[2]。生物氧化的教学安排在结构生化(蛋白质、核酸、糖类、脂类、酶和维生素)之后、物质代谢之前,内容非常抽象,逻辑性和理论性较强,对文科背景的学生而言学习难度非常大。在教学过程中,如何激发学生的学习兴趣、引导学生不掉队,需要生化教师不断地探索和尝试。我们根据本章知识的特点、学生的知识储备和接受能力,利用各种方法、手段将抽象知识形象化、具体化,主要包括联系比较法、角色扮演法、类比推理法、问题教学法等,并与临床疾病、生活案例、科研成果等结合,帮助学生克服畏难情绪,激发学习兴趣,引导他们积极思考、主动学习。同时,结合教学内容适当融入思政教育,践行“立德树人”的教育理念,助力大学生的健康成长。

1 主要教学内容与教学策略

生物氧化是物质代谢篇章的重要组成部分,是从能量代谢的角度研究生命本质;主要探讨生命活动所需的能量源自何处,以及如何产生、储存、转化和利用的;是糖、脂、蛋白质等物质代

谢的基础。第一节“生物氧化概述”的教学内容主要包括生物氧化的概念、特点,二氧化碳的生成方式和物质的氧化方式。我们在学习伊始就让学生产生兴趣和求知欲、克服畏难情绪、尝试自主思考,因此,可根据学生的实际情况适当调整讲课速度。课堂教学时从“机体生命活动所需能量从何而来”这一宏观问题出发,引出“营养物质的代谢如何产生能量”这一微观问题,引导学生理解生物氧化的概念。在讲授“生物氧化的特点”时,则采用比较、类比等教学方法,把抽象概念具体化。

第二节“线粒体氧化体系”以呼吸链的主要组成成分、作用及其排列顺序为课堂教学的重点。其中,呼吸链中黄素蛋白酶的辅酶FMN和FAD与“维生素”章节的内容相联系,授课时简单回顾复习,即可引出本节主线——呼吸链,进而由表及里地讲授呼吸链的概念及其组成和作用。课堂教学时主要采用角色扮演、演示互动等方法将抽象难懂的知识形象化,同时让学生参与其中,充分调动学生的积极性和能动性。具体教学策略、方法详见表1。

第三节“生物氧化与能量代谢”以氧化磷酸化及其影响因素为重点内容,主要采用类比、比较和案例分析等教学方法,使学生更容易理解并记住抽象难懂的知识。在讲解细胞质中NADH的氧化时,则采用类比分析的方法让学生清楚两个穿梭体系的作用机理和生理意义。

2 教学设计与教学方法

本章的学习,要求学生掌握生物氧化的概念、特点,两条重要呼吸链的组成及作用,ATP的生成方式等内容,为后续学习物质分解代谢中的能量变化奠定基础;使学生能够应用所学知识解释疾病(CO中毒、甲亢等)发生的机制,并能对疾病的防治提出合理的方案;树立医德为上、大医精诚的宗旨,培育服务人民的职业道德,强化中

表1 生物氧化的主要教学内容及教学方法

教学内容	知识点	教学设计与方法
生物氧化概述	生物氧化的概念	提问导课: 机体生命活动所需的能量从何而来? 为什么吃了饭就有劲、有能量了?
	生物氧化的特点	比较法: 分析比较生物氧化与体外氧化的相同点与差异
	二氧化碳的生成方式	对比分析法: 单纯脱羧与氧化脱羧、 α 脱羧与 β 脱羧的区别
	物质的氧化方式	比较法: 与中学阶段学过的氧化反应进行比较
呼吸链	呼吸链的组成及其功能	角色扮演法: 学生分组扮演呼吸链的成分并介绍各自的功能
	呼吸链的排列顺序	演示互动法: 学生演示呼吸链的排列顺序及电子传递过程
	NADH氧化呼吸链和琥珀酸氧化呼吸链	类比分析法: 将呼吸链的组成成分分类比为电路成分, 复合体 I 和复合体 II 是并联关系, 依次与复合体 III 和 IV 串联, 有助于学生理清两条呼吸链的组成和关系
氧化磷酸化	高能化合物	与“核酸化学”中核苷酸的结构相联系, 引导学生认识高能化合物
	底物水平磷酸化	图片展示反应过程
	氧化磷酸化	类比分析法: 将呼吸链中电子传递生成ATP的过程类比为水力发电将水的电位势能转化为电能的过程
	化学渗透假说	视频结合动画讲解, 将抽象知识形象化、生动化
	ATP合酶的作用机制	知识拓展: 中医补气药改善线粒体能量代谢的机制——提高ATP合酶的活性
氧化磷酸化的影响因素	呼吸链抑制剂的影响	案例法: 展示CO中毒的案例, 学生指出CO与血红蛋白的结合能力比O ₂ 更强, 图片展示血红素与细胞色素的结构, 引导学生推测CO抑制呼吸链电子传递的作用机理 课程思政: 引导学生树立珍爱生命、关爱生命、生命至上的医学人文精神
	解偶联剂的影响	案例法: 结合电视剧《民国奇探》中的案例“消失的达姆弹”, 讲授解偶联剂的作用机制 课程思政: 培养学生的辩证思维和创新意识
	甲状腺激素的影响	案例法: 分析甲亢患者出现基础代谢率高、怕热、易出汗的原因, 明晰甲状腺激素对氧化磷酸化的影响作用
	线粒体DNA突变	前沿拓展: 线粒体自噬
细胞质中NADH的利用	甘油-3-磷酸穿梭、苹果酸-天冬氨酸穿梭	类比分析法: 将两个穿梭体系类比为两个快递公司, 让学生清楚、明确细胞质中NADH转运的作用机理及生理意义

医药自信。根据以上教学目标和教学内容的特点进行相应的教学设计, 具体举例如下。

2.1 注意知识之间的相互联系及与前后内容的联系

生物体内的新陈代谢是由许多代谢途径组成的, 各代谢途径不是孤立的, 而是同时进行的, 而且各种物质代谢之间和各条代谢途径之间彼此联系, 相互转变、相互依存、相互制约。但是, 在教材编写和课堂教学中, 往往采取分章节讨论的方式, 淡化了物质代谢之间的相互联系。因此, 在代谢篇章教学伊始就要注意引导学生关注物质代谢之间的联系。如生物氧化的特点及氧化方式与中学阶段所学的氧化反应对比、联系(表2), 呼吸链成分NAD⁺、FMN、FAD的结构和功能与第六章“维生素和微量元素”的内容相关联, ATP的结构和与第四章“核酸化学”的内容联系,

细胞色素的结构和功能与血红蛋白的联系。生物氧化的前两个反应阶段与糖、脂类、蛋白质的代谢紧密联系, 底物水平磷酸与糖酵解的产能方式相关联, UTP、CTP和GTP分别参与糖原、磷脂和蛋白质的生物合成等。此外, 本章知识体系本身就存在相互联系, 课堂教学时也要注意知识的前后关联, 突出重点内容。如, 呼吸链传递生成水及氧化磷酸化产生ATP的过程进一步突出了生物氧化的特点, KCN、CO抑制呼吸链传递的作用机制与细胞色素的结构与功能联系紧密, 解偶联剂对氧化磷酸化的作用机制与化学渗透假说前后关联。这种突出知识前后联系的方法符合建构主义学习理念, 有利于学生建构所学知识体系。

2.2 激发学习兴趣, 引导学生参与教学

俗话说“兴趣是最好的老师”, 一旦学生的兴趣被激发出来, 教学就会取得事半功倍之效。

表2 生物氧化与体外氧化的异同点

比较项目	生物氧化	体外氧化
相同点	产物都是CO ₂ 和H ₂ O, 耗氧量和释放的能量相同。	
不同点		
反应条件	在近中性、37 °C的水溶液中进行, 需酶催化	高温燃烧, 不需酶催化
CO ₂ 生成方式	有机酸脱羧产生	C与O ₂ 直接反应
H ₂ O生成方式	H与O ₂ 间接反应	H与O ₂ 直接反应
能量释放形式	逐步放能, 很大部分用于形成高能化合物	以光和热的形式瞬间放出

基于中医药院校学生的学情特点, 课堂教学时更要在激发学生的兴趣、引导学生积极参与教学上下功夫。笔者经常在课前、课间为学生播放历年生化歌曲大赛的优秀作品, 将枯燥、晦涩难懂的生化知识与耳熟能详的流行歌曲结合起来, 激发学生的学习兴趣^[3]。在讲授“呼吸链”时, 采用角色扮演法^[4], 由学生扮演NADH和琥珀酸氧化呼吸链的组分, 依次介绍各自的结构和功能, 并按顺序排列展示电子的传递过程, 如图1所示。在讲授“呼吸链抑制剂对氧化磷酸化的影响”时, 则采用演示互动法, 由学生扮演呼吸链抑制剂演示在特定部位阻断电子传递从而阻断氧化磷酸化进行的过程, 如图2所示。采用以上角色扮演和演示互动的教学方法, 不仅让枯燥的生化课堂变得生动活泼, 将抽象的、看不见的分子反应形象化、具

体化, 还让学生亲自参与呼吸链的组装和传递, 充分激发学生的学习兴趣, 调动学习积极性, 有助于学生更加牢固地掌握所学知识。

2.3 案例教学, 紧密联系临床

本章的教学内容与临床联系较为紧密, 授课时与临床案例相结合, 能够有效地激发学习兴趣, 培养学生应用所学知识解决实际问题的能力^[5,6]。首先, 呼吸链抑制剂对氧化磷酸化的影响可以与CO中毒案例结合。讲授这部分内容时, 先展示CO中毒的案例让学生思考原因, 学生普遍认为“CO与血红蛋白的结合能力比O₂强”, 再展示血红素与细胞色素的结构, 引导学生进一步思考CO抑制呼吸链传递的作用机理, 从而明确呼吸链抑制剂对氧化磷酸化的影响作用。其次, 解偶联剂对氧化磷酸化的影响可以与新生儿硬肿症联



图1 角色扮演法: 学生展示呼吸链的组成、排列顺序及电子传递过程



图2 演示互动教学法：学生演示呼吸链抑制剂对氧化磷酸化的影响作用

系。讲授这部分内容时，可以引导学生思考新生儿患硬肿症的原因，从而理解解偶联剂影响氧化磷酸化的作用机理。再次，引导学生分析甲状腺机能亢进的患者出现基础代谢率升高、怕热、易出汗等症状的原因，进而总结甲状腺激素对氧化磷酸化的影响作用。此外，引入的这些案例还能作为课程思政的素材，有利于培养学生的医学人文精神和职业道德修养。

2.4 巧妙类比生活实例

生物氧化是在细胞内进行的分子反应，看不见、摸不着，过于抽象，学生很难理解、掌握。在教学过程中，选择学生熟悉的生活实例进行巧妙类比，将知识直观化、具体形象化，有助于学生理解相关知识内容。比如，将呼吸链的氧化与磷酸化的偶联类比为多级水电站的发电过程，将电子的传递过程比作水电站中水的流动；将呼吸链抑制剂和解偶联剂对氧化磷酸化的作用分别类比为“断路”和“短路”^[7,8]；将ATP合酶的结合变构机制与商场的旋转门作类比；将甘油-3-磷酸穿梭和苹果酸-天冬氨酸穿梭(细胞质中NADH的转运体系)与快递公司作类比。

2.5 创设合理的问题情境，促进学生自主思考

基于问题的学习即PBL教学法(problem based

learning)，其实质是在学习过程中发挥问题的引导作用，调动学生的主动性和积极性，使学生从被动接受者转变为主动学习者^[9]。借助PBL教学法的核心，我们在课堂教学过程中，提出与学习内容相关的启发性问题(表3)，引导学生积极思考，提高学生的课堂参与度，激发学生的求知欲，活跃其思维，从而培养学生主动探究、解决问题的能力。

2.6 融入课程思政，助力医学生的成长

中医药院校应当把医德培养放在首位。课程思政作为一种隐性的思政教育，在传授知识的同时，能够充分发挥各专业课的育人功能，有助于人才培养目标的实现。生物化学是中医药大学的一门重要的基础课，有利于学生从分子水平认识疾病发生、发展的机理，以及诊断和防治疾病的原理。生物氧化章节的内容既有高度的专业性，又蕴含辩证统一的思想，还与日常生活和临床实践密切相关，饱含丰富的思政教育元素。在教学过程中，我们也适当地融入思政教育，具体情况总结于表4。在讲解呼吸链排列顺序时，引导学生树立规则意识和遵守秩序的道德风尚。在学习解偶联剂2,4-二硝基苯酚(DNP)对氧化磷酸化的影响时，引导学生认识事物的两面性，树立辩证

表3 生物氧化教学过程中提出的问题

序号	提出的问题	教学内容
1	我们每天要呼吸, 缺氧窒息会死亡, 氧气在机体内有何作用?	呼吸链
2	参与呼吸链组成的细胞色素至少有五种, 结构相似, 但为什么只有细胞色素 a_3 可以与 O_2 结合并将电子转移给 O_2 ?	呼吸链组分的结构与功能
3	NADH氧化呼吸链和琥珀酸氧化呼吸链释放的能量驱动合成的ATP数量分别为2.5和1.5, 为什么不是整数?	化学渗透假说
4	CO中毒的机理是什么?除了抑制血红蛋白结合氧气, 还有其他原因吗?	呼吸链抑制剂对氧化磷酸化的影响
5	2,4-二硝基苯酚(DNP)减肥的原理是什么?为什么FDA禁止使用该药物减肥?	解偶联剂对氧化磷酸化的影响
6	甲状腺机能亢进患者为什么会出现基础代谢率升高, 怕热、易出汗的症状?	甲状腺激素对氧化磷酸化的影响
7	氧化磷酸化过程有无副产物?对机体有何影响?	线粒体DNA突变对氧化磷酸化的影响
8	细胞质中发生的代谢会不会产生NADH?它们将如何代谢?	细胞质NADH的氧化

表4 生物氧化章节部分教学内容的课程思政设计

课程思政教学目标	理论知识	思政内容设计及切入点
规则意识、遵循秩序的意识	呼吸链的排列顺序	由呼吸链各组分的有序排列引申到社会公民的规则意识, 特别是疫情期间出现的一些不遵守规则的行为, 已经不只是道德层面的问题, 还与社会法制相关。从而, 引导学生树立规则意识和遵守秩序的风尚。
提升专业认同感和自信心	ATP合酶的作用机制	引入知识拓展内容: 中医补气药能够增加ATP合酶的活性, 改善线粒体能量代谢的作用机制。引导学生从生化的角度认识、研究中医药, 帮助学生拓宽思路, 提升中医药文化自信和专业认同感。
珍爱生命、关爱生命的医学人文精神	呼吸链抑制剂	引入煤气中毒案例, 引导学生分析煤气(CO)中毒的机理, 帮助学生树立安全意识和生命意识, 培养学生珍爱生命、关爱生命的医学人文精神。
	甲状腺激素对氧化磷酸化的影响	引入甲亢、甲减的案例, 与学生一起分析疾病发生的机理, 引导医学生树立社会责任意识, 培养职业道德素养。
科学素养、辩证思维和创新意识培养	解偶联剂对氧化磷酸化的影响	DNP曾是减肥瘦身的特效药但因副作用较大现已被弃用, 但是近年来研究发现改性后的DNP能够有效治疗2型糖尿病和脂肪肝 ^[9] 。通过分析比较DNP在减肥中的害处和在治疗脂肪肝中的益处, 引导学生树立辩证思维和创新意识。

思维和创新意识。在讲解ATP合酶的作用机制时, 适时引入中医补气药改善能量代谢的作用机制^[10], 引导学生从分子层面探讨中医药的作用机理, 在培养学生科研思维的同时, 着力提升学生对中医药文化的自信和对专业的认同感。医德的培养作为“立德树人”教育理念的缩影, 应当贯穿中医药院校教学的全过程。在教学过程中密切联系临床和生命健康, 融入职业素养和医学人文教育。如在讲授呼吸链抑制剂和甲状腺激素对氧化磷酸化的影响时, 引入CO中毒、甲亢、甲减的案例, 引导学生树立珍爱生命、关爱生命的医学人文精神。

另外, 在课堂教学过程中恰当运用凝练、简洁的板书能够增强课堂教学的条理性, 便于学生理解、记忆, 建立知识网络, 引导学生由形象思维向抽象思维发展, 提高课堂教学效率。如在讲解呼吸链传递时, 运用板书可以直观地展示呼吸链的组成和排列顺序。

3 教学效果反馈

为了考察角色扮演、演示互动的教学方法在生化教学中的效果, 2021年秋季学期选择了同一授课教师的两个平行班级(2020级针推1班和2班)进行实验。两个班的学生均为全国统招生, 高考成

绩、年龄、性别等方面无显著差异($P>0.05$), 且前期学习基础及学习能力基本一致。在讲授生物氧化、糖、脂、蛋白质代谢时, 选取部分抽象难懂的知识开展对照实践。1班采用角色扮演和演示互动的教学方法, 2班则采用传统讲授法, 其他教学策略和方法保持一致。两个班的期末考核成绩如表5所示。1班的简答题、案例分析题、客观题(判断题、单选题、多选题)成绩和总成绩均显著高于2班($P<0.05$), 1班80分以上的学生比例也显著高于2班。1班学生对角色扮演法的评价很高, 他们觉得通过这种方法可以直观地“看到”抽象的知识, 有助于课程内容的理解和消化, 同时也为枯燥的理论知识学习带来一丝生机, 激发了学习兴趣, 调动了学习积极性。此外, 这种教学方法确实对1班学生产生了较为深远的影响。2022年开学伊始局部疫情反弹, 我校实行封闭管理, 学生颇有怨

言, 他们结合所学知识自行录制了两部疫情防控宣传视频——《新甄嬛传之疫情防控篇》, 号召学生们正确认识疫情防控要求、严格执行学校的相关规定, 深受广大师生好评。

为了解学生对上述教学策略和方法的认可度, 课程结束后向授课班级(2020级针灸推拿专业1班、2班98人和中西医结合专业7班49人)发放了问卷, 回收率为97.96%。其中, 85.41%的学生认为临床案例和生活实例的引入有助于激发学习兴趣, 培养运用所学知识分析问题、解决问题的能力; 86.81%的学生认为课程思政的融入有助于培养珍爱生命的医学人文素养。而且, 在授课过程中开展的趣味活动还促进了学生之间的交流、合作, 锻炼了团队协作能力, 进一步推动了人才培养目标的实现。在课后与学生交流的过程中, 我们了解到, 他们会采用一些小技巧来强化对知识

表5 生物化学期末考核成绩及其分布情况

班级	期末考核成绩($\bar{x}\pm s$, 分)				成绩分布情况(%)				
	简答题	案例分析	客观题	总分	<60	60~70	70~80	80~90	90
2020级针推1班	16.96±4.63	10.71±2.93	46.04±6.95	73.71±10.11	4.08	28.57	34.69	24.49	8.16
2020级针推2班	14.67±5.25	9.16±3.51	43.04±6.64	66.88±12.00	18.37	28.57	38.78	10.20	4.08

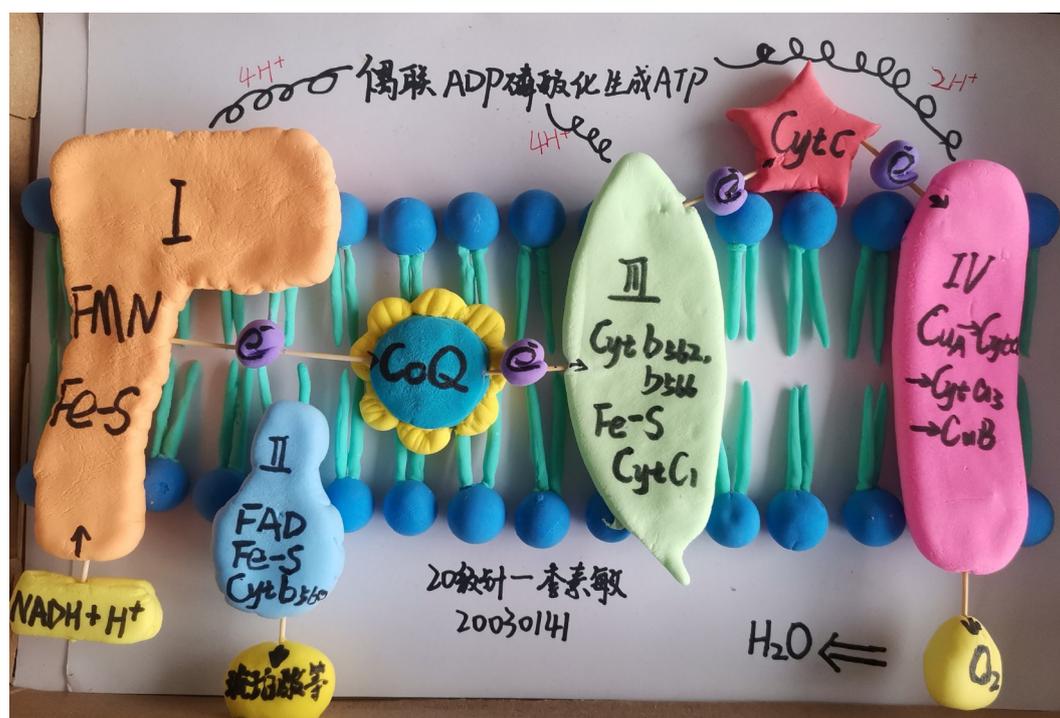


图3 学生制作的呼吸链模型

的理解与认识,如制作呼吸链模型(图3)、绘制呼吸链传递漫画、制作动画视频等,可见本章的授课方式也起到了启发学生自主学习的目的。

4 结语

生物氧化是从能量代谢的角度研究生命的本质,是物质代谢的基础,因而其教学效果直接关系到生化课程的教学目标能否完成。然而其内容抽象、逻辑性和理论性较强,难以理解,是历届学生学习的难点。在教学过程中,我们注重采用各种方式和方法将抽象知识形象化、具体化,激发学生的学习兴趣,引导他们积极思考、主动学习。具体教学策略包括:(1)注重知识之间的相互联系,建立知识体系;(2)采用角色扮演和演示互动的方法将抽象内容形象化;(3)以临床案例为切入点,激发学习兴趣,培养解决问题的能力;(4)巧妙类比生活实例,将抽象知识直观化、形象化、具体化;(5)创设合理的问题情境,促进学生自主思考;(6)融入课程思政,助力医学生成长。采用以上教学策略虽获得了较为满意的效果,激发了学生的学习兴趣、锻炼了主动学习和解决问题的能力,但仍需进一步完善教学设计,充分发挥学生的主体地位。总之,教学改革是一个艰辛的过程,我们要不断探索、反复实践、及时反思

与总结,夯实“以学生为中心”的教育理念,促进学生的全面发展。

参考文献

- [1] 丁智,卢彦,杨荣武.“演示与互动”在生物化学课堂教学中的运用.生命的化学,2021,41(7):1329-1335
- [2] 郑晓珂,冯雪梅.生物化学第四版[M].人民卫生出版社,2021
- [3] 杨艳,刘晨光,秦咏梅,等.生物化学歌曲对《生物化学》教学的促进作用.生命的化学,2019,39(4):816-821
- [4] 李艳,彭少君,刘红卫,等.角色扮演教学,在生物化学课堂中寓教于乐.生命的化学,2021,41(7):1547-155
- [5] 肖方祥,李志红,肖莉,等.案例教学法在医学生物化学教学中的应用与问题分析.当代教育实践与教学研究,2020(5):198-199
- [6] 郭艳荣.结合临床案例的PBL教学模式在医学生物化学教学中的应用探究.现代职业教育,2020(5):162-163
- [7] 吴伟.多学科融合理念指导的生物化学课堂教学实践探索—电子传递链、氧化磷酸化与原电池.生命的化学,2018,38(3):500-504
- [8] 吴伟,曾令媛,万珊珊,等.类比推理在生物化学理论教学中的运用—以氧化磷酸化为例.生命的化学,2020,40(11):2095-2101
- [9] 李旭霞,丁宁.PBL教学方法在生物化学理论教学中的应用研究.教育现代化,2017,30:156-157,162
- [10] 谢航,朱明军,李彬,等.中医药改善心肌线粒体能量代谢的研究进展.中西医结合心脑血管病杂志,2017,15(2):174-176