

教学

生物化学课程脂类代谢的教学方法探讨

谢兆辉*, 李学贵, 王丽燕, 焦德杰, 许禔森, 李向勇

(德州学院生命科学学院, 德州 253023)

摘要: 脂类代谢是生物化学课程中一个非常重要的章节, 在糖、脂、蛋白及核酸等四大物质代谢中起着承上启下的作用。该章节涉及的代谢途径繁多、内容庞杂, 学习难度大, 往往容易造成本章学习效果不好, 进而导致物质代谢整体学习质量差的现象。笔者在多年的教学实践中发现, 根据本章不同知识模块的特点, 若采取适当的学习方法, 并适时导入思政元素, 进行课程思政, 可以极大地降低学生的学习难度, 提高课程的教学质量和育人效果。本文主要就笔者将基于问题的教学法、图表法、比较教学法和归纳总结法等4种教学方法, 图片法和谚语法等2种课程思政融入策略在脂类代谢教学中的应用作一论述, 旨在为课程思政理念下, 提高脂类代谢的教学质量, 提供可供借鉴的教学思路和实践经验。

关键词: 脂类代谢; 教学方法; 课程思政; 教学质量; 育人

Exploration of teaching methods for lipid metabolism in biochemistry courses

XIE Zhaohui*, LI Xuegui, WANG Liyan, JIAO Dejie, XU Tisen, LI Xiangyong

(College of Life Science, Dezhou University, Dezhou 253023, China)

Abstract: Lipid metabolism is a very important chapter in biochemistry courses, and plays a linking role in the metabolism of carbohydrates, lipids, proteins and nucleic acids. This chapter involves many metabolic pathways, complex content, and difficult learning, which often leads to poor learning quality of the overall substance metabolism due to the poor learning effect of this chapter. After years of teaching practice, the author found that according to the characteristics of different knowledge modules in this chapter, if appropriate learning methods are adopted, and ideological and political elements are introduced in a timely manner to conduct ideological and political courses, the learning difficulty of students can be greatly reduced and the teaching quality of the course can be improved. Four teaching methods, namely problem-based teaching method, chart method, comparative teaching method, and inductive summary method, as well as the two strategies of image and proverb method for integrating ideological and political education into curriculum were mainly discussed in this article, in order to improve the teaching quality of lipid metabolism under the ideological and political concept of the curriculum, and provide teaching ideas and practical experience for reference.

Key Words: lipid metabolism; teaching methods; curriculum ideology and politics; teaching quality; educating people

收稿日期: 2023-03-27

基金项目: 2020年度山东省高等学校课程思政教学改革研究项目(SZ2021038); 德州学院2020年教学改革研究项目(41302336); 德州学院2021年校级教改立项(dzums21-40)

*通信作者: E-mail: xiezh0523@163.com

新陈代谢的中间代谢过程往往是生物化学中容易被忽视的领域之一, 然而随着生物技术的兴起, 特别是代谢组学、系统生物学、代谢工程和生物化学, 人们越来越认识到, 详细了解这些中间代谢的过程、化合物和调控机制对未来的生物化学家将非常重要^[1]。“脂类代谢”在物质代谢部分起着承上启下的作用, 也是糖、脂、蛋白及核酸等四大物质代谢的重点和难点之一。良好的教学方法和教学效果, 不仅可以巩固前面糖类代谢的学习成果, 也可以指导学生更好地学习后续的两大类物质代谢知识。作为二十余年一直从事生物化学教学的一线教师, 与其他很多生物化学教师一样, 一直在为提高生物化学教学效果进行着不懈的探索与努力。此外, 生物化学不仅是生物学、农学、医学、化学等很多学科中部分专业的核心基础课, 同时课程蕴含着丰富的课程思政资源, 所以生物化学开展课程思政建设的潜力大、前景广、影响的学生范围广^[2]。故笔者在不断总结教学经验, 提高教学效果的同时, 也积极融入正在全国高校如火如荼开展的课程思政建设, 以提高课程的育人功能。这些也得到了大多数学生的支持, 调查问卷显示, 95.6%的同学赞同这种教学方式。学生普遍认为, 思政元素的引入, 如同“盐”撒入专业知识枯燥的“汤”, 大大提高了专业知识的“滋味”和学习的趣味性; 同时, 也加深了他们对抽象专业知识的理解记忆, 提升了他们将专业知识应用于生活实践的能力。总之, 我们的课程思政教学实践表明, 课程思政建设不但不会影响专业课程的教学质量, 反而会促进专业课程的学习, 达到教学与育人的有效统一, 这也与潘梦等^[3]的研究一致。本文主要介绍了我们在脂类代谢章节所采用的教学方法和课程思政开展的情况, 旨在为课程思政理念下, 实现生物化学教学与育人双丰收, 提供可供借鉴的教学思路和实践经验。

1 PBL(problem-based teaching method)教学法

目前, 生物化学教学基本维持着传统的教学模式: 多以教师为中心, 以课堂讲授为主, 考评偏重于知识的记忆与理解, 这与创新型高素质人才

的培养目标严重冲突。PBL教学法是以问题为基础, 以学生为中心, 能够培养学生的自学能力, 思考能力和问题解决能力的一种教学方法, 这非常符合我国当前重视实践能力和创新能力培养的教育改革思路^[4,5]。多年前, 我们就开始尝试在教学实践中实施PBL教学改革, 采取的策略是“问题提出-资料查询-小组讨论-总结答疑”四段式PBL教学模式。(1)问题提出: 课前一周左右, 根据知识点, 提出PBL问题, 通过班级QQ群发给学生。(2)资料查询: 学生通过教科书、参考书、互联网等搜索查询, 先形成个人对问题的解释。(3)小组讨论: 按照宿舍临近原则分组, 组长召集成员线下或线上讨论, 得出小组观点。(4)总结答疑: 课堂上, 每个小组指定一个同学汇报, 其他小组同学质疑讨论, 最后老师给出完整、专业性的答案。我们PBL教学的特点是把较为耗时的讨论环节放在课下, 这样既可保证课程教学的进度, 也可通过讨论交流提高学习效果。实施PBL教学的一个核心问题是设计出合适的问题, 历经多年的PBL教学, 我们积累了脂类代谢章节多个知识点的PBL问题(表1)。笔者选取了2个案例, 展示我们开展PBL教学的过程。

案例1: 2010年, 有减肥专业人士在湖南卫视称, 左旋肉碱是国际公认安全性很高的营养素, 无需运动, 快速减肥, 不会反弹^[7]。据此教师课前提出3个问题: (1)左旋肉碱作用机制是什么? (2)多吃左旋肉碱能不能减肥? (3)一般人用不用补充左旋肉碱? 通过QQ群发给学生, 学生通过资料查询, 小组讨论得出自己的观点。在课堂上讲到相关知识点时汇报、讨论、汇总和答疑。问题(1)肉碱的作用机制是什么? 大家都意见统一; 问题(2)的结论与社会上说法一致, 有2种: 能减肥或者不能减肥, 认为能减肥比例更大一些。有一组同学甚至找到了一篇学术文章, 支持自己肉碱可以减肥的观点, 因为该文章认为肉碱浓度升高, 可以促进脂酰基转运, 从而促进脂肪代谢, 达到减肥的目的, 因此, 肉碱可作为比较理想的减肥药物, 且长期服用无不良反应^[8]。为了更好地理解肉碱的作用, 笔者在课件上配了一张锅炉工给锅炉加碳的图片, 把脂肪比喻为煤炭, 肉碱比喻为锅炉工,

表1 PBL教学法在脂类及代谢章节中所设计的问题

知识点	设计的问题
奇数脂肪酸 β -氧化	为什么爱斯基摩人吃奇数脂肪酸好? 为什么野兔有吃自己粪便的习惯?
脂肪酸 β -氧化转运	肉碱功能是什么? 广告宣扬的多吃肉碱, 无需运动, 快速减肥, 不会反弹能实现吗? 如何才能减肥? 肉碱是一种减肥药吗?
脂肪酸 β -氧化优点	骆驼为什么适合干旱跋涉? 冬眠动物为什么可以多半年不吃不喝? 为什么动物长期储能物质选择是脂肪不是糖原
酮体代谢	什么是生酮饮食? 生酮饮食减肥法原理是什么? 生酮生酮饮食减肥能够做到不运动不节食不吃斋吗? 生酮饮食流行的原因是什么?
类二十烷酸合成	布洛芬的研发过程和作用机制是什么? 布洛芬可以治疗新冠肺炎吗? 连花清瘟作用机制是什么? 连花清瘟可以预防和治疗新冠病毒吗?
脂肪酸合成	为什么鸡蛋不宜生吃?
必需脂肪酸及其合成	为什么不能完全禁食脂类食物? 流行病学调查表明, 食用冷海鱼肉的愛斯基摩人心血管疾病发病率比邻近的丹麦人低 ^[6] , 为什么?
脂肪合成	为什么糖摄入过多会导致肥胖?
磷脂分解	为什么蛇咬或蜂蛰伤口出会发炎?

把线粒体比喻为锅炉, 通过上述比喻和图片, 学生很容易理解: 煤炭燃烧(脂肪消耗)离不开锅炉工(左旋肉碱)的运送, 但是炭的最终燃烧量(脂肪的消耗量)决定于锅炉中炭的燃烧量(人体运动)。然后笔者出示实验数据, 揭示左旋肉碱是人体赖氨酸正常的转化产物, 一般不会缺乏, 只有大运动量的运动员有时会补充左旋肉碱, 但目的只是为了提高运动水平^[9]。这样学生一下子就领悟到了, 广告宣扬的多吃左旋肉碱, 无需运动, 快速减肥不可能实现, 减肥效果最终决定于控制饮食和多运动。问题(2)的结论也回答了问题(3)。

案例2: 2022年底, 我国新型冠状病毒感染疫情开始放开之后, 新型冠状病毒感染率大幅度增加, 结果两种药物(布洛芬和连花清瘟)爆红, 导致盲目囤积, 一药难求。此时, 我们正好讲到脂类代谢中的类二十烷酸合成, 本部分内容正好涉及布洛芬的作用机制。笔者于是设计了4个PBL问题: (1)布洛芬的研发过程和作用机制是什么? (2)布洛芬可以治疗新型冠状病毒感染吗? (3)连花清瘟作用机制是什么? (4)连花清瘟可以预防和治疗新型冠状

病毒吗? 通过QQ群发布, 让学生课下搜集材料、讨论并形成观点。在布洛芬的研发过程中, 斯图尔特·亚当斯与其研究团队历经了无数次失败, 最后才成功合成了布洛芬。目前市场上销售的布洛芬是左旋和右旋布洛芬的混合物, 实际上其中的一种类型根本没有功能, 甚至有不良反应。在课堂上, 针对前问题(1), 教材或网络都有相对较完整的描述, 学生意见一致, 相对准确。针对问题(2), 虽然布洛芬的作用机制非常明确, 是通过抑制环氧化酶, 阻断前列腺素的合成, 从而达到消炎止痛的作用。但是仍然有相当一部分同学不能正确理解治疗新型冠状病毒感染的含义。通过教师从作用机制方面的讲解, 才让这些同学领悟到布洛芬因为不能杀死新型冠状病毒, 所以不能说治疗新型冠状病毒感染。布洛芬之所以用于新型冠状病毒感染, 是用于改善新型冠状病毒感染造成的发热症状, 杀死病毒的其实是自己的免疫系统。针对问题(3), 也许是许多中药都具有的共性问题, 就是不清楚其具体作用机制, 所以大多数学生没有找到答案。针对问题(4), 连花清瘟可以预防和治疗新型冠状病毒感染吗? 这一个问题不仅在社会上, 而且在学生之间也争议很大。虽然有些学生查到的资料表示, 连花清瘟具有一定的治疗或预防新型冠状病毒感染效果, 甚至还分发给部分群众, 但通过什么机制治疗或预防新冠没有定论。这时教师对此进行总结点评: 虽然连花清瘟在我国被很多人认为可以充当新型冠状病毒感染药物, 但相关试验人数不够, 而且都是在我国进行, 缺乏双盲安慰剂对照实验和全面的药效学和药理学研究, 有效性和安全性的确凿证据也存在不足, 所以有人认为大规模的推广, 尤其是在健康人群中推广, 可能不仅有失严谨, 而且也是不负责任的。

由于课程学时有限, PBL教学法在生物化学教学中的应用受到了一定的制约, 笔者认为, 任课教师需要不断提高自己的知识储备和对教学过程的引导掌控能力, 做到收放自如。此外, PBL问题的引入往往直接影响PBL的教学效果, 笔者认为比较好的方式有: 如通过日常生活的相关案例, 学生感到有话题愿讨论, 也可以帮助学生运用所学知识解决实际问题, 如上述案例1; 或通过社会热点问题, 学生感兴趣有激情, 也能够对学生产生

持久的影响, 如上述案例2; 或通过相关考研题, 学生感到有收获想投入, 也可以为学生进一步深造打下知识基础, 如酮体代谢的PBL教学, 我们就是利用了中国海洋大学2018年生物化学考研题“酮体是什么? 酮体代谢的生理意义是什么? 是否了解生酮饮食的概念?” 引入等。

笔者充分利用这2个案例, 通过在教学课件上插入表现思考的图片为衔接, 水到渠成地引入了课程思政, 以培养学生的批判思维和创新精神, 使他们深刻体会不能人云亦云, 要常怀批判思维, 存质疑精神, 勇于追求真理真相。相对于西方教育, 我国对学生批判思维能力的培养还非常欠缺, 这也直接阻碍了学生的创新能力的养成。同时, 针对左旋肉碱, 及其其他药品的过度或虚假宣传, 对学生进行诚信教育, 这对引领大学生立身、立德、立业具有重要意义。通过布洛芬的结构特点和合成过程, 对学生进行严谨科学素养、实事求是态度和团结协作精神的培养。

2 图表法

“图表法”教学具有形象直观、变复杂为简明、看后不易忘记的优点, 可以培养学生的观察、对比、总结能力^[10]。一张合理的图或表格, 往往可以胜过很多语言, 尤其在物质代谢部分。目前, 高校教学中常用的图有概念图和思维导图两种。概念图可以展示概念之间的复杂联系, 能更好地对所学知识进行整合, 建立新旧知识间的联系^[11]。而思维导图是一种图形思维工具, 可以将复杂的教学内容, 变成一幅脉络清晰的图画, 加深学生理解, 激发学生学习潜能, 培养学生发散性思维能力^[12]。不同于糖类、蛋白质与核酸等物质是按照化学结构归类, 脂类是按照物理性质归类的化合物, 其结构和功能复杂, 如鞘脂类的命名就同源与埃及“人面狮身”金字塔的命名, 以表现对鞘脂类的迷惑与不解。故笔者在本章教学中更加注重图表法教学的应用, 所选图表大多数自己绘制, 也有的精选自网络, 或还鼓励学生绘制, 这样在提升学生主动思考能力的同时, 也可以增强学生的动手能力。如笔者总结了本章简单脂质和复合脂质的结构特点, 绘制了两大物质的组成对比图, 不仅能够使学生记住了物质的结

构, 也减轻了学生学习这些物质合成与分解途径的压力。脂类代谢这一章最重要内容之一是脂肪酸的分解与合成, 这两个过程内容复杂, 细节多, 又有很多相似之处, 很容易造成混乱。笔者分别绘制了一张图(图1)和一张表(表2)。图1从整体水平体现了脂肪酸合成与分解(β -氧化)过程, 同时还对酮体和胆固醇合成, 及磷脂与脂肪合成有一定体现。表2则从微观水平, 体现脂肪酸合成与分解细节性差别。除了设计结构和反应过程概念图, 笔者还创新性的设计了功能简图(图2), 使学生不仅很容易的记住了血浆脂蛋白的功能, 还能很容易的掌握了血浆脂蛋白的种类、组成和来源等内容。脂类代谢这一章学完后, 我们又设计了概况全章节知识点的思维导图, 使学生对本章节知识形成整体性的理解和掌握。

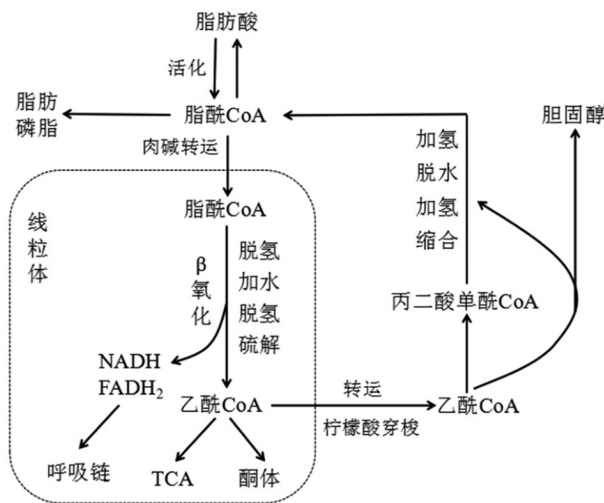


图1 脂类代谢的概念图

在与学生的交流中, 大多数学生反馈, 代谢部分的学习初学感觉较上册结构部分难, 复习巩固后又感觉较上册容易。笔者分析认为, 原因是代谢部分的内容更多更杂, 但这内容联系密切也又规律。由于教材上的反应步骤往往都是分开讲的, 中间夹杂内容解释, 初学者掌握不了其中的联系, 所以很难, 一旦掌握了其中的联系和规律, 学习将事半功倍。图表法正好可以明确联系, 简化知识, 所以代谢部分的教学应该不断深化图表法的原因。除了图标, 这一部分还需要一些简洁清晰的3D动画, 因为动态的代谢过程在

表2 脂肪酸氧化分解和合成

区别点	脂肪酸从头合成	脂肪酸β-氧化
部位	胞质溶胶	线粒体
酰基载体	ACP	CoA
加入或断裂的二碳单位	丙二酸单酰CoA	乙酰CoA
电子供体或受体	NADPH	NAD ⁺ +FAD
酶	7种	4种
羟酯基	D-型	L-型
底物的转运	柠檬酸穿梭系统	肉碱转运
反应方向	从ω甲基到羧基	从羧基端开始
对CO ₂ 的要求	需要	不需要
能量	消耗ATP	释放ATP
循环	缩合、还原、脱水、还原	脱氢、水合、脱氢、硫解

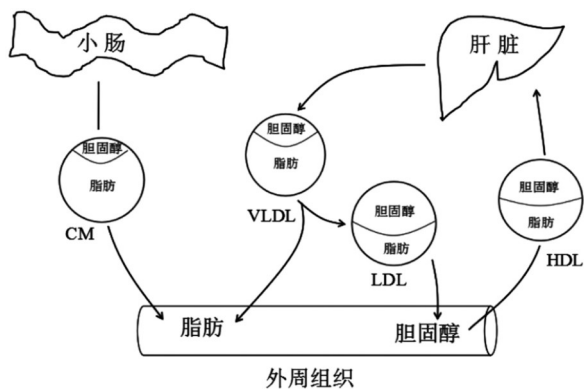


图2 血浆脂蛋白的功能

“动态的画”中，往往更好理解与掌握。

3 比较教学法

比较教学法将知识中相类似、相接近的内容进行对比总结，并整理成简短易懂的文字，或者表格教授给学生，使学生在比较中记忆，并将复杂知识点简单化，零散知识点系统化^[13]。脂类代谢中，多个知识点可以进行比较教学，如生酮饮食

与糖尿病患者脂类代谢的比较；脂肪酸β-氧化与脂肪酸生物合成的比较；酮体合成过程与胆固醇合成过程的比较；脂肪酸活化与氨基酸活化的比较；脂肪酸β-氧化和柠檬酸循环的比较等。以脂肪酸β-氧化和柠檬酸循环的比较为例，因为它正好也是山东大学2017年的一道生物化学考研试题：“写出脂肪酸β-氧化与柠檬酸循环共有的反应过程，并阐述生物氧化中碳代谢的一般过程。”通过对这两个的代谢过程的对比，可以发现，脂肪酸β-氧化的前三步反应与柠檬酸循环最后三步反应相似(表3)：如都在线粒体内进行；都由脱氢、加水、再脱氢三步反应组成，且两次脱氢的受体相同，分别为FAD和NAD⁺。通过这两个代谢过程相同三步反应的比较，便可以分析比较出生物氧化中碳代谢的一般过程：也就是生物体中碳的氧化靠H₂O中的O，而非呼吸的O₂，具体就是通过加H₂O脱氢完成氧化。由于柠檬酸循环已经学完，无疑这样一对比，对于学生掌握新课脂肪酸β-氧化过程和掌握生物体中的一些代谢规律有极大的帮助。

表3 脂肪酸β-氧化与柠檬酸循环的对照

反应过程	脂肪酸β-氧化	柠檬酸循环	辅酶或辅基	碳原子氧化过程
初始分子	脂酰CoA	琥珀酸	无	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_2 \\ \end{array}$
脱氢形成	烯脂酰CoA	延胡索酸	FAD	$-\text{CH}=\text{}$

本章, 笔者也对葡萄糖和脂肪酸两大生物体供能物质分解放能的过程进行了比较。虽然它们分解后都可以释放出大量能量, 但是前期必需先投入能量才行, 没有前期能量的投入就没有后期的能量释放。笔者在这里又一次引入了课程思政教育, 与上次图片法融入不同, 笔者本次采用了谚语(no pain no gain)融入法, 使学生能够自然的在物质代谢的“投入产出”规律里, 领悟出人类社会的“付出回报”规则, 牢记只有现在的努力学习, 艰苦的付出, 才能创造未来美好人生。

由于这部分属于物质代谢, 对代谢反应的比较重视较多, 实际上还有很多内容可以进行比较法教学, 如通过比较脂肪与糖的结构与分解放能特点, 让学生理解生物体存在脂肪和糖原两种储能物质的原因; 通过比较脂类代谢与糖类代谢名称相似的酶, 理解维生素的生物学功能; 其他还可以比较代谢过程的调节酶、调控方式和反应部位等。由于合成途径往往是发散的, 结构相似的物质往往有部分相同的合成途径, 所以比较物质结构的相似性, 对代谢部分学习也很重要, 如本章笔者就通过比较脂肪与甘油磷脂之间、不同甘油磷脂之间或鞘磷脂和鞘糖脂之间的结构相似性, 大大简化了它们合成过程的教学。

4 归纳总结法

归纳总结法又称归纳推理法(简称归纳法), 即由特殊推到一般的推理的方法。用归纳法教学就是让学生在教师的引导下, 自己完成相应的归纳推理, 得出结论, 主动获得知识。归纳法常与启发式教学相联系, 是提高教学效率、优化教学质量的有效手段之一^[14]。在脂类代谢中, 脂肪酸 β -氧化是大多数生物体中脂肪酸最常见的分解模式, 但其分解放能数量的计算通常会使很多同学感到困扰。我们在多年的生物化学教学实践中归纳出了一个脂肪酸氧化放能模式公式, 简化了教学过程, 解除了学生的困扰。即如果偶数碳原子的饱和脂肪酸中共含有 n 个碳原子, 则其经过数轮 β -氧化后可产生的ATP数量为 $10 + [(n \div 2) - 1] \times 14 - 2$; 如果奇数碳原子的饱和脂肪酸中共含有 n 个碳原子, ATP数量为 $16.5 + (n - 3) \div 2 \times 14 - 2$; 如果含有不饱和双键的脂肪酸, 则在相应饱和脂肪酸放能数量上,

减去处理双键所消耗的能量即可。再如, 在讲解脂肪酸 α -氧化的定义时, 笔者先让学生对比 α 、 β 和 γ 等希腊字母的一般含义, 即在很多情况下, 它们表示一个分子中的某个原子距离官能团的位置, α -是离官能团最近的原子, 如前面学过的 α -氨基酸, 然后引导学生归纳出脂肪酸的 α -氧化就是脂肪酸的 α -碳原子被氧化, 并且每轮释放一个 CO_2 。进一步还可以引导学生推理出脂肪酸 β -氧化的定义: 脂肪酸的 β -碳原子被氧化, 并且每次释放一个二碳单位(乙酰COA)。这一章还有两个重要的代谢过程, 就是脂肪的合成和磷脂的合成, 在教材上由于是分开讲的、过程也较为复杂, 有不同也有很多相似之处, 导致学生难记又易记混。我们也归纳成图, 既简化了代谢过程, 又体现了它们的联系和差别, 大大降低了该部分学习的难度。

教学方法应该没有严格的区分, 笔者认为归纳法也许可以被认为是比较法的升华, 因为通过比较不仅应该找出异同, 使概念清晰, 过程明了, 增强知识的前后联系、提高学生的融会贯通能力。更应该通过比较归纳出反应过程的本质性规律, 促进学习的正迁移和对后续知识的理解和掌握, 建立学科的逻辑系统, 提高学生的创新能力。与张亚琴等^[15]观点一致, 目前归纳总结法应该是生物化学教学相对薄弱的一个环节, 也影响了学生科研思维和创新意识的培养。这需要广大教师深化、细化生物化学中可以比较分析的知识, 认真总结归纳出内涵的规律性内容。

5 结语

教学方法是实现知识传递、能力培养及价值观树立等不同层次教学目标的有效措施保证。笔者以生物化学课程的脂类代谢部分为例, 结合多年的教学实践积累, 发现若能够根据本章不同知识模块的特点, 采取合理的教学方法, 可以极大降低学生的学习难度, 提高学生学习积极性和教学效果, 这也许可以表现在学生的课堂融入度高和活跃度的明显提高, 课程满意率和章节考试成绩逐年提升。我们在脂类代谢中取得的教学经验, 可能对其他三大类物质代谢的教学效果提升具有示范作用, 或对其他同类院校的生物化学教学具有借鉴意义, 但教无定法, 贵在得法, 教师和学生

生不同,可能还有更加适合自身的教学方法需要生物化学教育工作者去探索和实践。

参考文献

- [1] Metzger RP. Thoughts on the teaching of metabolism. *Biochem Mol Biol Educ*, 2006, 34(2): 78-87
- [2] 谢兆辉, 焦德杰, 王丽燕, 等. 生物化学课程思政融合点的发掘. *化学教育(中英文)* 2020, 41(14): 71-75
- [3] 潘梦, 李兴扬, 李芳. 理工科专业核心课中课程思政的育才作用. *科教文汇(上旬刊)*, 2021, (5): 81-82
- [4] 陈道远, 张健, 秦晓飞, 等. 基于病毒/抗病毒主题的生物化学与分子生物学PBL教学设计与实施. *生命的化学*, 2022, 42(6): 1201-1209
- [5] 高进涛, 金荣仲, 陶毅明, 等. PBL结合TBL教学模式在生物化学课程教学中的构建. *教育教学论坛*, 2018(6): 174-175
- [6] 罗红, 黄冰, 王静, 等. EPA与DHA生理功能及合理应用研究进展. *护理实践与研究*, 2011, 8(2): 73-76
- [7] 叶真, 李璐瑒. “左旋肉碱”市场一片乱象——“左旋肉碱”市场调查. *首都医药*, 2010, 17(19): 27-28
- [8] 马文军, 张涛. 运动减肥与肉碱的关系. *武汉体育学院学报*, 2002, (5): 52-53
- [9] 刘天. 吃左旋肉碱可以减肥吗? *中医健康养生*, 2020(4): 53
- [10] 王歆, 程昕昕, 郑甲成, 等. 图表法在遗传学教学中的应用. *内蒙古民族大学学报(自然科学版)*, 2022, 37(5): 450-453
- [11] 周太梅, 王海英, 张申, 等. 概念图应用于医学生物化学的实证研究. *中国高等医学教育*, 2018(5): 113-114
- [12] 罗晶婧, 胡梅, 蔺婷, 等. 基于思维导图的PBL模式在中医药院校生物化学教学中的尝试. *卫生职业教育*, 2019, 37(1): 60-62
- [13] 卢玲, 图雅, 武月红. 基于学生能力培养视角下的高校生物化学教学改革. *中国多媒体与网络教学学报(上旬刊)*, 2019(7): 163-164
- [14] 曾皎飞, 袁晓红. 归纳比较法在《方剂学》教学中的运用. *陕西中医药大学学报*, 2017, 15(6): 29-30
- [15] 张亚琴, 刘爱明, 袁栋, 等. 基于学生科研思维和创新意识培养的生物化学教学改革. *基础医学教育*, 2023, 25(3): 188-193