

糖代谢中糖酵解的教学设计改革探索和思考

云南开放大学化学工程学院 / 云南大学生命科学与医药学部,
药学院教育部自然资源药物化学重点实验室
云南大学生命科学与医药学部, 药学院教育部自然资源药物化学重点实验室

王 杨
肖伟烈

摘要: 糖代谢课程内容复杂抽象, 学生常常不愿学、学不好。针对其中的糖酵解部分, 以巴班斯基最优化教学理论为整体教学原则, 明晰教学目标与难点; 将认知主义学习理论和建构主义学习理论有机结合, 进行教学设计改革探索。提高了学生学习兴趣, 提升了课程的教学效果, 对生物化学课程其他知识点的教学设计与实施提供了一些有益借鉴。

关键词: 生物化学 糖酵解 教学改革 巴班斯基最优化教学理论

文章编号: 2095-6711-11-2023-17-0022

生物化学是生命科学、化学、农学、生态及环境等各专业的专业基础课。该课程在学习生物化学基本知识和理论的同时, 对培养后续专业课程的学习兴趣、学习能力有非常重要的意义。但由于该课程内容复杂且学习难度大, 学生常常“不愿学”——提不起兴趣甚至恐惧, “学不好”——晦涩的知识难以理解。比如, 糖类代谢一章中的糖酵解, 三羧酸循环和呼吸链等内容, 学生难以理解, 只能通过死记硬背应付考试, 导致后续相关内容的学习难以学深、学透。

因此, 在生物化学课程的教学过程中, 改进教法提升学生学习兴趣, 如何创新学法帮助学生自我构建知识体系, 显得尤为重要。本研究以糖酵解知识点为研究切入点, 以巴班斯基最优化教学理论、认知主义学习理论和建构主义学习理论为指导, 从教学目标与难点分析、教学设计探索、教学反思三个方面进行阐述, 旨在与同行交流, 共同提高教学质量。

一、教学目标与难点分析

教学目标是课堂教学的起点和终点, 教学设计和课堂教学的所有环节都需要紧密围绕教学目标开展。教学难点是启发学生思维探究的最佳切入点, 也决定了学生最终掌握的知识层次和能力水平。我们以巴班斯基最优化教学理论为整体教学原则, 将教学目标、难点分析与师生活动等内外部条件融为一个整体, 以系统论的方法, 通过教学过程达成发展性教学的最优化效果。

1. 总体教学目标

一是通过教学, 综合解决学生的教养、教育、发展三项任务。使学生掌握学科基础知识和技能, 提升知识水平和学习能力; 紧密结合德智体美劳全面发展的教育任务, 让学生得到综合全面发展; 通过独立思考、攻坚克难、集体协作等方式, 促进学生心理和生理的健康发展。

二是将教学的科学性与生活实践相联系, 辅以多种教学方法, 激发学生学习兴趣与动机。在教学中, 把科学思想用于生活和生产实践之中, 形成科学的世界观, 并通过引用事例、引导探索, 让学生在独立思考、解决问题的过程中体会学习的挑战性和成功的愉悦。

三是将各种教学方法、教学形式、教学条件进行最优结合。比如, 在教学过程中有效运用计算机等多种硬件条件,

采用设置问题情景、讲授与学生自学结合、师生互动与学生间互动等方法, 把线上教学与线下教学有机结合, 最终实现教学效果的最优化。

2. 糖酵解教学目标

糖酵解是指在无需氧的条件下, 经过一系列酶促反应将葡萄糖降解为丙酮酸并推动 ATP 合成的过程, 是动物、植物和微生物细胞中葡萄糖分解产生能量的共同代谢途径, 所有细胞中都存在糖酵解途径, 它也是第一个被阐明的代谢途径。糖酵解是糖类分解代谢的重要途径之一, 是细胞进行糖的无氧分解代谢和有氧分解代谢的前提条件, 也是后续学习糖异生的基础。因此糖酵解的教学具有承上启下的作用, 教学效果的好坏关系到学生对于糖代谢整章的学习效果。

在知识方面, 掌握糖酵解的概念、发生部位、反应历程, 关键酶、产物去向及意义。在学习能力应用方面, 具备运用所学知识解释生活中常见现象, 如运动后肌肉酸痛, 酿酒原理, 将糖酵解的学习方法应用到后期物质代谢的学习中。在课程思政方面, 激发学生学习兴趣, 培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感, 努力成为德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。

3. 糖酵解学习难点

根据近年来教学实践及学生反馈, 糖酵解部分的教学难点主要集中在以下几个方面。

(1) 糖酵解反应定位不清晰

开始进入代谢部分的学习后, 随着所学内容增多, 学生往往容易忽略糖酵解的反应定位, 如反应发生在什么地方, 以及在有氧及无氧条件下糖酵解反应发生后产物的去向。

(2) 糖酵解反应历程及调控点复杂

糖酵解从葡萄糖转变为丙酮酸可以分为 10 步反应, 课堂上教师一般会按顺序介绍这 10 步反应的反应过程、代谢调节及生理意义。这种授课方式略微平淡, 学生往往把握不到重点, 通常需要死记硬背, 学完考完就忘。

(3) 糖酵解的能量结算

糖酵解分为两个阶段: 投资阶段(葡萄糖 → 3-磷酸甘油醛)和回报阶段(3-磷酸甘油醛 → 丙酮酸), 只有回报阶段会产生能量, 如果要计算 1 个葡萄糖经糖酵解反应后的

净产物，则需将回报阶段的产物乘以 2，学生通常在此容易混淆，难以理解糖酵解的能量结算。

二、教学设计与实施

综合分析以上教学难点，亟需对糖酵解的教学设计进行改革，有效提升学生学习兴趣，提高教学效果。

1. 糖酵解的教学设计改革探索

糖酵解的教学设计通过课堂思政串联两个重点教学部分：一是葡萄糖有氧氧化的四阶段，二是糖酵解的反应历程。在具体的教学实施中，葡萄糖有氧氧化的四阶段以建构主义学习理论为指导进行讲解，自行建构葡萄糖有氧氧化的四阶段知识结构。在教学实施中，要注意设置一定的学习情景，充分发挥师生互动，利用必要的教学资料 and 工具，帮助学生进行知识构建。

糖酵解的反应历程从葡萄糖开始，经 10 步反应生成丙酮酸，因为反应步骤多，学生理解和记忆都比较困难。在教学实施中，以认知主义学习理论为指导进行讲解。一是强调这部分内容的困难性和挑战性，激发学生的挑战欲望，并在教学过程中不断对学生的积极参与进行肯定。二是在创设教学条件、环境的基础上，不断抛出问题，引导学生进行积极思考，将知识片段进行不断地重组和整合，逐步形成清晰正确的概念。三是注重进行阶段总结，不断引导学生对上一阶段学到的知识进行总结，从中寻找规律，帮助在后续的知识学习中举一反三、融会贯通。

(1) 葡萄糖有氧氧化的四阶段

机体在有氧的条件下利用氧将葡萄糖彻底氧化成 CO_2 和 H_2O 的反应称为有氧氧化，葡萄糖的有氧氧化可以分为四个阶段：

第一阶段葡萄糖在细胞质中经糖酵解生成丙酮酸， $\text{NADH}+\text{H}^+$ 和 ATP ；第二阶段为丙酮酸进入线粒体氧化脱羧生成乙酰 CoA ， CO_2 和 $\text{NADH}+\text{H}^+$ ；第三阶段为乙酰 CoA 进入三羧酸循环，生成 $\text{NADH}+\text{H}^+$ ， FADH_2 和 ATP ；第四阶段为前三阶段生成的递氢体 $\text{NADH}+\text{H}^+$ 和 FADH_2 通过电子传递链发生氧化磷酸化，生成 ATP 。糖酵解处于葡萄糖的有氧氧化的第一阶段发生部位为细胞质，而第二至第四阶段发生在线粒体中（图 1）。

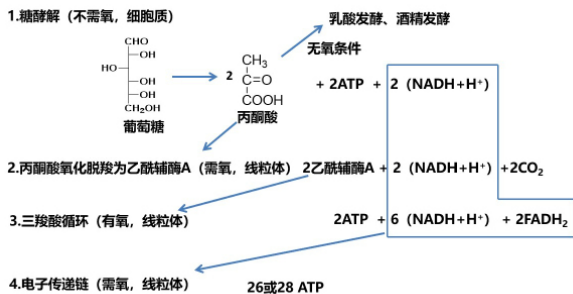


图 1 细胞呼吸作用的四阶段

若机体处于无氧状态，生成的丙酮酸不会继续进行有氧氧化，在某些细菌、酵母菌和植物细胞中会转变为乙醇和 CO_2 ，通过这个过程，我们可以将粮食酿为美酒；在高等生物组织和细胞中会转变为乳酸，这就解释了为什么我们在剧烈运动（机体缺氧）后肌肉会感到酸痛的原因。

讲解过程中辅以板书（图 1），能够有效解决学生对于糖酵解反应定位不清晰的学习难点，也能为后续学习葡萄糖的有氧氧化夯实框架。

(2) 糖酵解的反应历程

糖酵解包括 10 步化学反应，3 个关键酶，2 次底物磷酸化和 1 次脱氢，通常讲解流程为按顺序列出 10 步反应，并将关键酶等要点穿插其中。这样的教学效果往往不好，学生反映糖酵解过程难以理解和记忆。因此笔者结合学生学习难点，对糖酵解反应历程的讲解进行改革，将糖酵解的反应历程分为糖酵解简介，糖酵解中物质“骨架”变化和糖酵解中关键点梳理共 3 个部分，并辅以板书，取得了良好的教学效果。

糖酵解简介

糖酵解 (glycolysis) 一词源于古希腊语中的 glycos (sweet, 甜的意思) 和 lysis (splitting, 裂解的意思)，葡萄糖 (glucose) 也源于古希腊语中的 glycos。可以看出糖酵解 (glycolysis) 是指葡萄糖的裂解，通过糖酵解，一个含六个碳的葡萄糖可以被裂解为 2 个含三个碳的丙酮酸（图 2）。

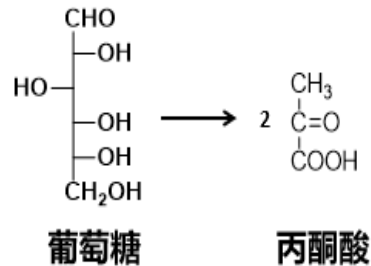


图 2 糖酵解为一个葡萄糖裂解为两个丙酮酸

糖酵解中物质“骨架”变化

糖酵解从葡萄糖开始，经 10 步反应生成丙酮酸，若要求学生直接记住 10 步反应，难度较大，可以在讲解糖酵解的反应过程中，引入物质的“骨架”变化，帮助学生迅速掌握糖酵解过程，减少挫败感并提高学习兴趣。

在教学过程中，通过 ppt 展示反应过程（图 3 和图 4），同时辅以板书（图 5），可以达到较好的教学效果。糖酵解的 10 步反应可以分为两个阶段：投资阶段和回报阶段。

在投资阶段中，由葡萄糖经磷酸化、异构化、磷酸化、裂解和异构化五步反应，生成 3-磷酸甘油醛，从 PPT 中（图 3）可见碳骨架由 6 个碳变成连着磷酸的 3 个碳，板书纵向书写“ $\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$ （葡萄糖） $\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{Pi}$ （3-磷酸甘油醛）”。由于两次磷酸化过程需要消耗 ATP ，因此该阶段称为投资阶段，板书横向书写 2 次“ $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP}$ ”。这两次磷酸化的反应是不可逆的，因此用到的酶被称为限速酶，板书书写“己糖激酶和磷酸果糖激酶”。

在回报阶段中，从 3-磷酸甘油醛开始，经氧化磷酸化、磷酸化、异构化、脱水、磷酸化和异构化反应，生成丙酮酸。从 PPT 中（图 4）可见碳骨架由连着磷酸的 3 个碳变成 3 个碳，板书纵向书写“ $\text{C}-\text{C}-\text{C}$ （丙酮酸）”。在该阶段中第一步反应，由 3-磷酸甘油醛氧化磷酸化生成 1,3-二磷酸甘油酸，以 NAD^+ 为辅酶接受氢和电子，同时参与反应的还有磷酸，横向书写板书“ $\text{NAD}^+ \rightarrow \text{NADH}+\text{H}^+$ ”，

H_3PO_4 ”，此外该反应是糖酵解中的唯一的脱氢反应，书写板书“唯一的脱氢反应”。接下来由底物水平磷酸化两次生成了ATP，因此称为回报阶段，板书横向书写2次“ADP → ATP，底物水平磷酸化”，其中第二次底物水平磷酸化是不可逆反应，用得到限速酶为丙酮酸激酶，板书书写“丙酮酸激酶”。

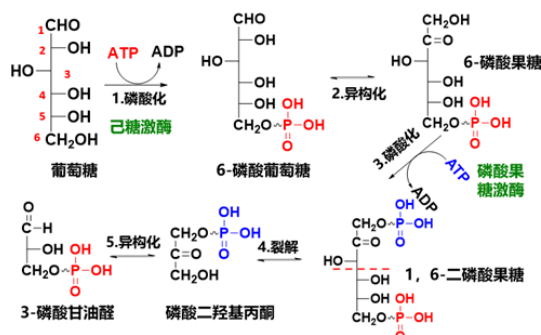


图3 糖酵解的投资阶段

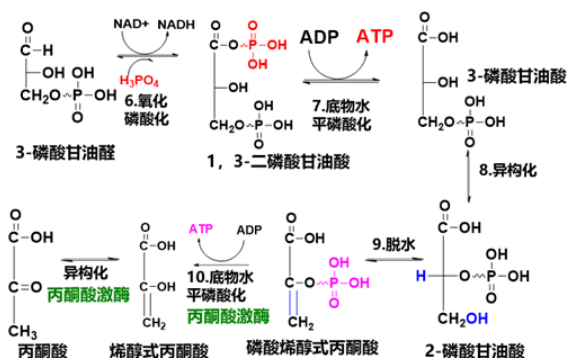


图4 糖酵解的回报阶段

此时从板书(图5)来看,纵向为碳骨架变化,横向为物质变化,若要计算一个葡萄糖经糖酵解的净产物,则需将第二阶段的产物都乘以2,在板书回报阶段部分横向书写5次“X2”。在投资阶段消耗2个ATP,而在回报阶段生成了2个 $\text{NADH}+\text{H}^+$ 和4个ATP,因此1个葡萄糖经糖酵解后的净产物为2个丙酮酸,2个 $\text{NADH}+\text{H}^+$ 和2个ATP。

糖酵解中关键点梳理

糖酵解反应分为两个阶段,共10步反应,需要学生掌握的关键点有三个限速酶(己糖激酶、磷酸果糖激酶、丙酮酸激酶),唯一的脱氢反应,两次底物水平磷酸化和能量计算,可以借助板书(图5)再次强调以上关键点,帮助学生更好地理解糖酵解反应历程和调控点复杂,糖酵解能量结算等学习难点。

2. 课堂思政

课堂思政讲究“润物细无声”,联系课堂所讲授内容,激发学生兴趣,培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感。糖酵解是自然界生物有机体获得能量的最原始、最古老的途径,所有细胞中都存在着糖酵解途径。糖酵解途径分为投资阶段和回报阶段,在投资阶段中不但没有产生ATP供生物有机体使用,反而在该阶段消耗了2分子的ATP,这和我们通过糖酵解获取能量的初衷背道而驰。但是通过投资阶段的物质转化,我们很快在回报阶段

得到了ATP。小小的糖酵解反应其实也告诫我们,做什么事情都要有投入有付出,不计较得失才能有所得。

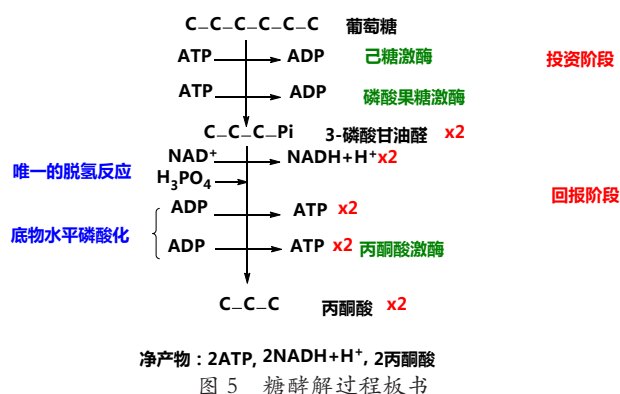


图5 糖酵解过程板书

三、教学反思

通过以上措施对糖酵解的讲授进行改革,帮助学生在理解知识的基础上,梳理出知识难点的骨架,再在其中填入知识要点,让本来枯燥难懂的生物化学变得有血有肉,有趣易学,取得了良好的教学效果,学生反映真正做到了把书读透、把书读薄。总体来说,有以下几点体会。

一是“教无定法,教学有法”,教师需要多措并举,着力激发学生努力向上的深切渴望。比如课堂导入从学生切实需求和真实感观出发,激发学习兴趣。将线上智慧教学手段、慕课视频有机服务于线下教学;培养学生敏锐的问题意识,激励学生自我发现、自我发展。

二是课程教学要以启迪为主、引导为上,层次鲜明有序。将教学重点、难点合理安排,把最新研究成果、前沿文献融入课程知识点;全程引导同学质疑发问,在互动交流中教学相长,感受思想碰撞的快乐与收获;运用思维导图串联总结知识要点,将学习主题清晰、系统地进行展示。

三是课堂交流要突显人文关怀。引入多种教学理论和理念进行教学,突出教师的亲和力、感染力,将以学生为中心的人文关怀贯穿其中,以春风化雨的课程思政触动学生,鼓舞其精神,启发其智慧。

参考文献:

- [1]王镜岩.生物化学[M].北京:高等教育出版社,2002
- [2]刘春城.生物化学课程中糖酵解教学改革的思考与探索[J].科技视界,2020
- [3]赵海红,周婷,李利,杜磊.高校“生物化学”教学改革探析[J].苏盐科技,2021

【本文系云南省创新团队项目(项目编号:202005AE160005)以及肖伟烈研究员云南省云岭学者项目经费的支持】

作者简介:王杨(1988—),女,汉族,云南石屏人,博士,讲师,研究方向:天然产物化学及其生理活性研究

通讯作者:肖伟烈(1976—),男,汉族,江西萍乡人,博士,研究员,研究方向:天然产物化学及其生理活性研究