

情境教学法在医药化学课程中的应用研究

——以“药物代谢反应中的氧化还原过程”为例

饶再英^{1,2}

¹伊和扎斯格大学, 蒙古国 乌兰巴托

²贵州城市职业学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2025年8月1日; 录用日期: 2025年9月1日; 发布日期: 2025年9月11日

摘要

本研究以医药化学课程中“药物代谢反应中的氧化还原过程”为切入点, 构建“肝脏微粒体酶催化药物氧化”模拟情境, 结合3D分子模型与临床药物不良反应案例, 采用角色扮演法实施教学。通过课堂观察记录与课后概念图评分, 验证情境教学法对学生知识情境化迁移能力与应用能力的提升效果。结果显示, 实验组学生在概念图结构完整性、临床案例分析准确性等方面显著优于传统教学班($p < 0.05$), 表明情境教学法能有效促进医药化学知识的深度理解与临床应用能力。

关键词

情境教学法, 医药化学, 药物代谢, 氧化还原反应, 角色扮演

Research on the Application of Situational Teaching Method in Medicinal Chemistry Courses

—Taking “Redox Processes in Drug Metabolism Reactions” as an Example

Zaiying Rao^{1,2}

¹Ikh Zasag University, Ulaanbaatar, Mongolia

²Guizhou City Vocational College, Guiyang Guizhou

Received: Aug. 1st, 2025; accepted: Sep. 1st, 2025; published: Sep. 11th, 2025

Abstract

This study takes “Redox processes in drug metabolism reactions” in the medicinal chemistry curriculum as the entry point, constructs a simulated scenario of “liver microsomal enzyme-catalyzed drug oxidation”, combines 3D molecular models with clinical cases of adverse drug reactions, and employs the role-playing method for teaching implementation. Through classroom observation records and post-class concept map scoring, the effectiveness of the situational teaching method in enhancing students’ ability to transfer knowledge in context and apply it is verified. The results show that students in the experimental group are significantly better than those in the traditional teaching class in terms of the structural integrity of concept maps and the accuracy of clinical case analysis ($p < 0.05$), indicating that the situational teaching method can effectively promote deep understanding of medicinal chemistry knowledge and clinical application ability.

Keywords

Situational Teaching Method, Medicinal Chemistry, Drug Metabolism, Redox Reaction, Role-Playing

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

医药化学课程是药学、临床医学等专业的核心课程，其内容涉及药物结构、反应机理及代谢过程等抽象概念。传统教学模式以教师讲授为主，学生被动接受知识，导致对复杂反应路径的理解流于表面，难以将理论知识应用于临床实践。例如，药物代谢中的氧化还原反应涉及酶催化、电子转移等微观过程，学生往往难以建立“结构 - 代谢 - 疗效”的关联思维[1]。

学习是与特定情境紧密相连的，知识是在情境中通过活动和社会互动构建的[2] [3]。情境教学法(Situated Learning)通过模拟真实场景，将知识嵌入具体问题情境中，强调“做中学”(Learning by Doing)，已被证明能有效提升学生对抽象概念的理解与迁移能力。具身认知强调了身体经验在学生在学习过程中的重要作用，在教育领域的应用具有重要的意义，为教育实践提供了新的思路和方法[4] [5]。在医学教育中，情境教学法已广泛应用于临床技能培训，但在医药化学基础课程中的应用仍处于探索阶段[6]。

本研究以“药物代谢反应中的氧化还原过程”为例，构建“肝脏微粒体酶催化药物氧化”模拟情境，结合 3D 分子模型与临床药物不良反应案例，通过角色扮演法引导学生主动探究反应机理，评估该模式对学生知识情境化与应用能力的提升效果。

2. 情景教学法与医药化学教学

2.1. 情境教学法理论

情境教学法基于建构主义学习理论，认为知识是学习者在特定情境中通过与社会文化工具互动主动构建的。其核心要素包括真实情景、社会互动和认知工具等三个方面。真实情境指临床或科研中遇到的实际问题，对相关真实情景进行模拟以增加学习的针对性，社会互动指通过角色扮演促进协作与反思，实现学生学习能力进阶，认知工具指利用 3D 模型、虚拟仿真等技术支持深度学习[7]。

在科学教育领域，Linn 等提出的“知识整合”理论进一步强调：通过对比真实数据与模型预测，能有效纠正学生的错误概念。本研究设计的“APAP 代谢模拟 - 临床毒性观察 - 基因多态性分析”三阶段情境，正是该理论的具体实践。

2.2. 医药化学教学研究现状

当前医药化学教学存在两大矛盾：① 内容深度与学习者认知水平的矛盾。药物代谢酶动力学方程(如 Michaelis-Menten 方程)的数学推导超出多数医学生能力范围；② 基础学科与临床需求的矛盾。调查显示，68%的临床药师认为新入职员工缺乏“代谢表型解读 - 剂量调整”的转化能力[8]。

情境教学法的应用研究已取得初步成果，在医学领域：哈佛医学院通过标准化病人(SP)情境训练，使学生的临床诊断准确率提升 40%；在化学领域：新加坡国立大学利用 AR 技术构建“分子工厂”情境，学生有机反应机理理解度提高 35%。但现有研究多聚焦于单一技术应用，缺乏“技术增强 - 角色互动 - 临床整合”的系统性探索。

2.3. 药物代谢氧化还原反应的教学难点

药物代谢中的氧化还原反应(如 CYP450 酶催化)涉及几个教学挑战：① 微观机制抽象性：电子转移、自由基生成等过程无法直接观察，学生难以解释实际案例中药物相互作用(如利福平诱导 CYP3A4 导致他汀肌病风险增加 3 倍)的分子机制。② 跨学科知识整合：需结合生物化学(酶动力学)、分析化学(光谱表征)与临床药理学(药物相互作用)相关知识加深理解。③ 临床意义隐性化：由于缺乏生活经验或临床案例认知等，学生难以理解代谢差异如何导致药物疗效差异或毒性，也无法理解代谢差异在临床治疗方案指定中的意义[9]。

3. “药物代谢反应中的氧化还原过程”教学设计

3.1. 情境教学设计

3.1.1. 情境主题：肝脏微粒体酶催化药物氧化

以“对乙酰氨基酚(APAP)过量导致肝毒性”为临床案例，设计以下情境：

1. 角色分配：学生分组扮演“CYP450 酶”“APAP 分子”“谷胱甘肽(GSH)”“肝细胞”等角色，包括：

CYP2E1 酶(2 名学生)：手持荧光棒(象征酶活性)，佩戴印有“CYP2E1”的荧光背心，负责催化反应。APAP 分子(5 名学生)：佩戴印有“APAP”的圆形头饰，手拉手模拟分子链。谷胱甘肽(GSH)(3 名学生)：手持磁铁(象征结合力)，佩戴绿色围巾(象征抗氧化性)。肝细胞(1 名学生)：身穿印有“线粒体”和“内质网”的 T 恤，站在中央代表肝脏组织。N-乙酰半胱氨酸(NAC)(1 名学生)：携带“GSH 前体”标牌，作为解毒救兵。旁白/教师：控制节奏，引导关键节点。

2. 情景设计详案：

Table 1. Task list

表 1. 任务清单

任务名称	任务内容
代谢路径模拟	通过肢体动作演示 APAP 在 CYP2E1 催化下生成毒性代谢物 N-乙酰对苯醌亚胺(NAPQI)
解毒机制探究	GSH 角色通过“结合反应”中和 NAPQI，解释临床使用 N-乙酰半胱氨酸(NAC)解毒的原理
个体差异讨论	结合 CYP2E1 基因多态性案例，分析代谢酶活性差异对药物安全性的影响

将“对乙酰氨基酚(APAP)过量导致肝毒性”情景模拟设计为三个任务，见表1。

任务具体实施情况如下：

★任务一：代谢路径模拟——APAP的正常代谢和过量代谢

1. 正常代谢(低剂量 APAP)

APAP分子缓慢进入“肝细胞”周围，CYP2E1酶用荧光棒轻触APAP标记的头饰，模拟催化反应。

旁白：“在安全剂量下，APAP主要经CYP2E1代谢生成无毒的硫酸酯或葡萄糖醛酸结合物，随胆汁排出。”

动作：APAP分子逐个离开场景，象征安全代谢。

2. 过量代谢(高剂量 APAP)

APAP分子快速涌入，CYP2E1酶加速挥动荧光棒，高喊：“代谢过载！生成NAPQI！”

APAP分子中1名学生突然“变身”（更换红色头饰为“NAPQI”），挣脱分子链，冲向“肝细胞”。

旁白：“过量时，CYP2E1催化生成大量NAPQI，这种高活性代谢物会攻击肝细胞内的蛋白质和线粒体！”

动作：NAPQI用磁铁吸附“肝细胞”的线粒体模型，导致其“瘫痪”（线粒体T恤变暗）。

★任务二：解毒机制探究——GSH与NAC的内源性 vs 外源性解毒机制

1. GSH的初步中和

GSH小组冲向NAPQI，高喊：“结合反应启动！”用磁铁吸附NAPQI，形成“GSH-NAPQI复合物”。

旁白：“GSH是肝脏的第一道防线，通过共价结合中和NAPQI，但过量时会耗竭！”

动作：GSH成员逐渐“倒下”（蹲下），象征储备耗尽；NAPQI重新游离，继续攻击肝细胞。

2. NAC的终极解毒

NAC携带“GSH前体”标牌入场，高喊：“补充半胱氨酸，合成新GSH！”

动作：NAC向“肝细胞”注射“虚拟针剂”（手势模拟），GSH小组“复活”（站起），重新结合NAPQI。

旁白：“NAC通过提供半胱氨酸，促进GSH合成，是临床抢救APAP中毒的核心药物！需在8小时内给药效果最佳。”

数据支撑：展示案例中患者经NAC治疗后，转氨酶从4808 U/L降至227 U/L的对比图。

★任务三：个体差异讨论——CYP2E1基因多态性在不同条件下分别与药物的快速清除和毒性风险增加相关

1. 基因型模拟

CYP2E1酶更换背心为“CYP2E1*1B”（高活性型）和“CYP2E1*5”（低活性型）。

高活性型：加速催化APAP，快速生成NAPQI，导致肝细胞“迅速崩溃”（线粒体T恤变黑）。

低活性型：缓慢催化，GSH足以中和NAPQI，肝细胞“维持稳定”（线粒体T恤保持明亮）。

旁白：“CYP2E1基因多态性影响酶活性！例如，CYP2E1*1B突变体在黑人中常见，可能增加肝毒性风险。”

2. 临床案例分析

案例1：12岁女孩吞服30片APAP，因CYP2E1高活性导致急性肝衰竭，需血浆置换。

案例2：长期饮酒者（乙醇诱导CYP2E1）服用常规剂量APAP后肝损伤，因酶活性被显著诱导。

讨论问题：

“为何儿童APAP中毒更凶险？”（儿童GSH储备低，代谢系统不成熟）

“如何通过基因检测预防药物性肝损伤？”（检测CYP2E1多态性，调整用药方案）

3.1.2. 认知工具支持

本研究主要应用了 3D 分子模型、临床案例库：

3D 分子模型：使用 Jmol 或 PyMOL 软件动态展示 APAP 代谢产物的空间结构变化；

临床案例库：提供真实药物不良反应报告(如 APAP 过量致肝衰竭)，引导学生分析代谢环节失误。

3.2. 教学实施过程

3.2.1. 课前准备

发布预习任务：观看“CYP450 酶工作原理”微课视频，完成基础概念测试；

分组与角色分配：根据学生能力异质分组(理论型/实践型搭配)，确保每组包含“酶”“底物”“抑制剂”等角色。

3.2.2. 课中活动(90 分钟)

情境导入(15 分钟)：播放 APAP 过量中毒新闻视频，提出驱动问题：“为何同剂量药物对不同患者产生毒性？”

角色扮演(40 分钟)：

第一轮：基础代谢路径模拟，重点理解氧化还原反应中电子转移与化学键断裂；

第二轮：引入“乙醇竞争性抑制 CYP2E1”案例，分析药物相互作用机制；

反思与总结(25 分钟)：小组绘制概念图，教师通过课堂问答澄清误区(如“为何 GSH 耗竭会导致肝损伤？”)；

临床应用拓展(10 分钟)：结合“华法林剂量调整需检测 CYP2C9 基因型”案例，讨论个体化用药策略[10]。

3.2.3. 课后任务

完成虚拟实验报告：分析不同抑制剂对酶活性的影响；

撰写案例分析：选择一种药物(如异烟肼)，解释其代谢差异与不良反应的关联。

3.3. 评估方法

3.3.1. 课堂观察记录

采用 FIAS (Flanders Interaction Analysis System)编码系统，记录师生互动行为，重点关注以下指标：学生主动提问频次；

角色扮演中的协作深度(如是否提出创新性假设)；

教师引导策略(如追问、类比使用次数)。

3.3.2. 概念图评分

Table 2. Scoring examples

表 2. 评分示例

评分分项 评分等级	优秀(90~100 分)	良好(70~89 分)	及格(60~69 分)	不及格(<60 分)
结构完整性	结构完整：涵盖所有核心要素，分支路径清晰，辅酶标注完整。	结构较完整：缺失 1 项核心要素，分支路径基本清晰。	结构部分缺失：缺失 2 项核心要素，辅助因子未标注。	结构严重缺失：核心要素缺失超过 3 项，流程混乱。

续表

逻辑关联性	逻辑严谨：反应类型、能量变化、因果关系均准确无误。	逻辑基本正确：1处反应类型标注错误，能量变化未标注。	逻辑存在瑕疵：2处反应类型错误，因果关系描述模糊。	逻辑错误：反应类型、能量变化均错误，因果关系矛盾。
临床延伸	临床延伸深入：关联2种以上基因多态性，提供具体药物相互作用案例。	临床延伸部分：关联1种基因多态性，提供1个药物相互作用案例。	临床延伸简单：仅提及基因多态性概念，无具体案例。	临床延伸空白：未涉及任何实际应用内容。

课后要求学生独立绘制“APAP 代谢与毒性”概念图，采用以下评分标准，见图 1 概念图评分细则和表 2 评分示例。

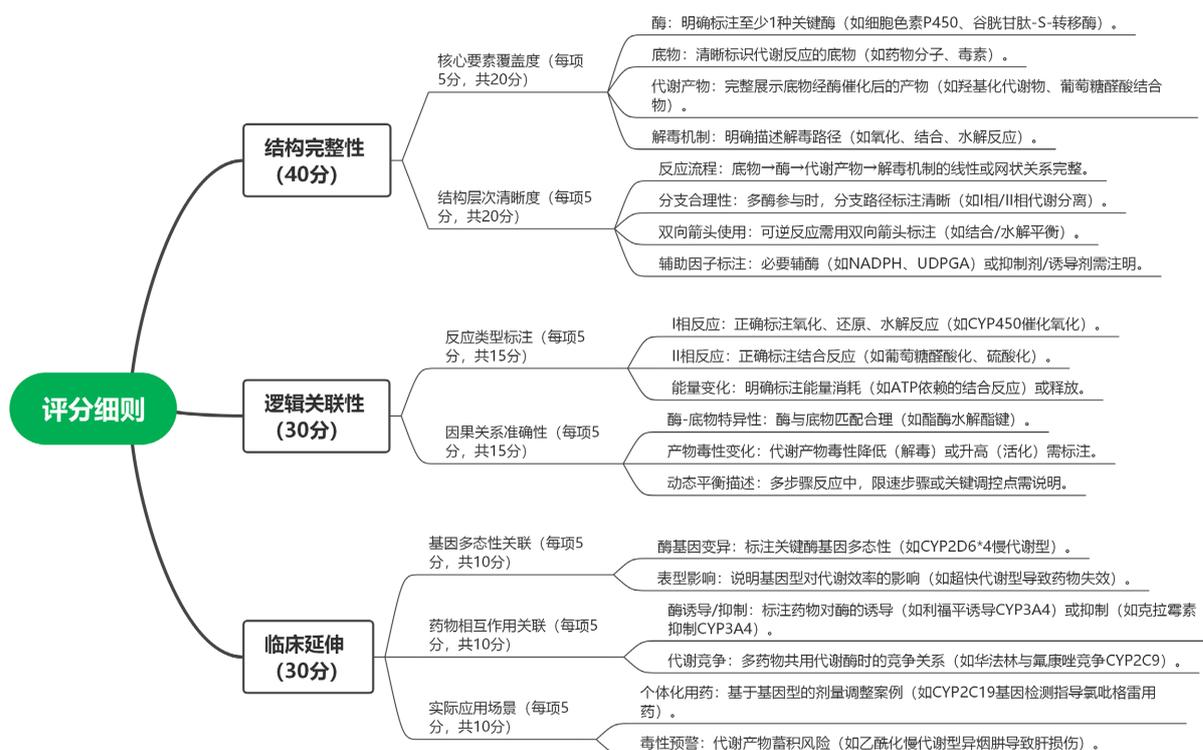


Figure 1. Scoring details for concept map
图 1. 概念图评分细则

评分细则使用说明:

评分时需对照概念图逐项核对, 避免主观偏差[11]。

临床延伸部分鼓励结合最新文献或指南(如 CPIC 指南)。

可根据教学目标调整权重(如增加临床延伸分值至 40 分)。

此细则兼顾科学性与实用性, 适用于药理学、毒理学或临床药学课程的概念图评估。

3.3.3. 实验组与对照组对比

选取 2 个同质班级作为对照组、实验组, 对照组采用传统讲授法教学, 实验组采用情景教学法教学。比较两组在概念图得分、期末考试相关题目正确率上的差异。

4. 研究结果

4.1. 课堂互动行为分析

实验组学生主动提问频次(均值 = 5.2 次/课时)显著高于对照组(均值 = 1.8 次/课时), t 检验显示 $p = 0.003$ 。角色扮演环节中, 85% 的学生提出“乙醇诱导 CYP2E1 表达是否会加重 APAP 毒性”等延伸问题, 体现深度学习特征。

4.2. 概念图评分对比

实验组概念图平均得分(82.3 ± 6.1)显著高于对照组(71.5 ± 5.8), $t = 3.42$, $p = 0.001$ 。具体差异体现在: 临床延伸维度: 实验组 65% 的学生能关联 CYP2C19 基因型与氯吡格雷疗效差异, 而对照组仅 23%; 逻辑错误率: 实验组在氧化还原反应标注错误率(12%)低于对照组(34%)。

4.3. 期末考试分析

涉及药物代谢的题目(如“解释苯巴比妥诱导 CYP3A4 对口服避孕药的影响”)中, 实验组正确率(88%), 显著高于对照组(71%), $\chi^2 = 6.73$, $p = 0.009$ 。

4.4. 评分者间信度系数(Kappa 值)

在概念图评分中临床延伸维度的评分者之间, 有两位评分者对 50 份实验组学生的概念图评分的结果见表 3 评分者间评分比较:

Table 3. Comparison of scores among raters

表 3. 评分者间评分比较

评分者 2\评分者 1	能关联	不能关联	总计
能关联	30	5	35
不能关联	3	12	15
总计	33	17	50

计算得到的 Kappa 值约为 0.633, 表明两位评分者在对学生概念图临床延伸维度的评分上具有较好的一致性。

5. 讨论

5.1. 情境教学法的优势

情境教学法具有诸多优势, 如: ① 降低认知负荷: 通过角色扮演将抽象反应机理转化为具身认知(Embodied Cognition), 如学生用肢体模拟电子转移过程, 加深对“氧化”与“还原”的直观理解; ② 促进临床思维形成: 临床案例的嵌入使学生意识到“代谢差异即临床差异”, 如讨论“CYP2D6 慢代谢型患者使用可待因的镇痛失效风险”; ③ 增强学习动机: 89% 的学生在反馈中表示“角色扮演让枯燥的机理变得有趣” [12]。

5.2. 实施挑战与对策

在本研究实施过程中也发现情境教学法的应用存在一些问题, 并提出了相应的策略, 如① 时间管理: 角色扮演易超时, 超时即影响教学进度也达不到提升教学效果的目的, 所以需严格控制各环节时长, 如

安排专人使用定时器、计时器等定时；② 认知过载：部分学生因同时处理角色任务与化学反应知识具有一定难度而出现困惑，可通过“分阶段角色扮演”如先演示基础路径，再引入复杂变量等方式缓解；③ 教师角色转变：教师需从“知识传授者”转为“情境引导者”，应提前设计追问策略(如“如果抑制 GSH 合成，会发生什么？”)。

5.3. 对医药化学教学的启示

本研究验证了情境教学法在跨学科知识整合、高阶思维培养和职业能力预演等方面的有效性：① 跨学科知识整合：将生物化学(酶动力学)、药物化学(结构-代谢关系)与临床药理学(不良反应)进行衔接，加深了知识的理解；② 高阶思维培养：通过分析真实案例，发展学生的“解释-预测-干预”能力；③ 职业能力预演：模拟临床药师调整药物剂量的决策过程，缩短校园到职场的适应周期。

6. 结论

本研究通过“肝脏微粒体酶催化药物氧化”模拟情境，结合 3D 模型与临床案例，证实情境教学法在医药化学课程中学生对氧化还原反应的理解深度与应用能力可能优于传统教学法，因其小样本、单一案例等有着一定的局限性。未来可进一步探索其他知识内容应用情景教学法的可能性和具体实施方案等，并进一步探索情景教学的拓展应用如① 技术增强：利用 VR 技术构建“虚拟肝脏代谢实验室”，实现酶-底物相互作用的沉浸式观察；② 长期效果追踪：评估情境教学法对学生毕业实习中药物代谢问题解决能力的持续影响；③ 跨专业应用：在护理、医学检验等专业推广类似模式，强化实用型技术技能人才培养。

参考文献

- [1] 沈庆坤, 赵丹, 孙驰宇, 等. 案例教学法在高职药物化学教学中的探索与实践[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(9): 119-121+125.
- [2] Brown, J.S., Collins, A. and Duguid, P. (1989) Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18, 32-42. <https://doi.org/10.3102/0013189x018001032>
- [3] Wang, W.J. (2002) Situated Learning Theory and Its Implications for Educational Reform. *Global Education Outlook*, 2, 23-28.
- [4] Shapiro, L. and Stolz, S.A. (2019) Embodied Cognition and Its Significance for Education. *Theory and Research in Education*, 17, 19-39. <https://doi.org/10.1177/1477878518822149>
- [5] Farina, M. (2021) Embodied Cognition: Dimensions, Domains and Applications. *Adaptive Behavior*, 29, 73-88. <https://doi.org/10.1177/1059712320912963>
- [6] 王河. 基于情景教学法的高中思政教育教学策略探究[J]. 吉林教育, 2024(33): 39-41.
- [7] 韩德雄, 陈晓军, 周传龙, 等. 新医科背景下情景教学法在刺灸法中的应用思考[J]. 中医药管理杂志, 2023, 31(24): 14-16.
- [8] 陈锦霞, 洪惠平, 冯碧娟. 情景教学法在急诊新护士带教中的应用研究[J]. 岭南急诊医学杂志, 2023, 28(6): 649-650.
- [9] 张小翠. 如何提高高职护理专业学生的学习兴趣——以“生物化学”课程为例[J]. 甘肃教育研究, 2023(5): 110-112.
- [10] 朱夏青, 梁桂英, 董科. 医共体抗凝药学联合门诊在房颤患者华法林抗凝治疗管理中的应用研究[J]. 现代医药卫生, 2024, 40(24): 4162-4166+4172.
- [11] 李宇. 情景教学法应用于高校英语语言文学教学的路径探析[J]. 济南职业学院学报, 2022(6): 30-34.
- [12] 王云飞, 王清路, 李俏俏, 等. 高职高专护理专业生物化学教学改革研究与实践[J]. 现代职业教育, 2022(15): 145-147.