从案例设计到问题链：分子生物学 PBL 教学模式的演进、挑战与创新路径

杨　轶

三峡大学基础医学院 湖北 宜昌 443002

【摘　要】：分子生物学知识抽象、更新快，单一讲授很难让学生形成系统理解，也缺少把理论落到实验里的能力。问题导向学习（PBL）进入这门课程后，走过一条从单个案例到问题链的路。本文梳理了 PBL 在分子生物学教学中的理念变化与实践脉络，分析案例设计的关键要素，讨论问题链在知识整合与批判性思维培养上的优势，指出实施中教师转型、资源不足与评价滞后等卡点，并提出借助数字化工具、跨学科融合与个性化学习的改革方向。

【关键词】：分子生物学；PBL；案例设计；问题链；教学模式；创新路径

DOI:10.12417/2705-1358.26.16.039

前言

以问题为导向的学习（Problem-Based Learning，PBL）以学生为中心，用真实情境中的问题牵引学习，根基是建构主义，20 世纪 60 年代由 Barrows 在加拿大麦克马斯特大学首倡[1]。国内医学分子生物学课程引入后，学生的学习兴趣、考试成绩和自主学习能力均有改善[2]。分子生物学知识体系抽象，基因调控、信号转导这些过程看不见摸不着，一路讲下来学生容易被动接受。为此，有课程用“以分子为导向”的问题链，让学生顺着一个具体分子去追问其生物学功能[2]；有课程把 PBL 与翻转课堂结合，围绕“Dll4 胞外区重组蛋白能否抑制血管形成”等真实问题展开[3]；面向研究生的实验课同样用一个科学问题整合质粒提取、蛋白印迹与细胞转染，学生的科研思维显著提升[4]。本文梳理了 PBL 在分子生物学教学中的演进脉络，然后讨论了其落地时的现实困难与可行的改进方向。

1 分子生物学 PBL 教学的核心理念与历史演进

1.1 理念与学科特性契合

建构主义认为知识得靠学习者自己在解决问题中搭建，这与分子生物学高度契合：基因表达调控、信号转导网络本身动态、抽象，靠灌输难于形成系统理解；PBL 把抽象理论放进具体情境，理论才能转化成实验设计和数据分析能力[14]。例如讨论“突变β-catenin 如何促进结肠癌细胞增殖”，学生需自行串联 DNA 提取、PCR、Western Blot，这个过程就是对知识的主动建构[1]。

1.2 三次迭代升级

PBL 在分子生物学教学中的应用大致走过三个阶段。第一代案例孤立、封闭。如镰刀型细胞贫血症与血红蛋白β链基因突变，解决完就结束，知识整合度低；第二代引入半结构化问题，像“怎样用分子生物学技术诊断某种遗传病”，学生会设计实验路线，但问题之间各管一段；第三代走向问题链，以“肿瘤发生与抑癌基因 p53 突变”为例，从突变检测到信号通路紊乱再到药物靶点，前后呼应，知识可迁移，国内一些高校也按科研逻辑编排课程，让技能训练和课题探究接轨[4]。从案例到问题链，大体可以看作 PBL 在分子生物学领域逐渐成熟的标志。

1.3 国内外实践的启示

对比国内外案例，国外更在意问题链在认知上的递进，目标是把学生推向独立科研；国内更多停在案例层面的情境化教学，系统开发还在摸索。可见问题链的序列化设计是 PBL 从形式走向实质的关键，问题排序依据的是学科自身的认知逻辑，技术操作的先后放在其次；推广要照顾本土学情，问题的开放度可以分层放开。

2 案例设计的核心要素与典型模式

2.1 真实性与科学性要兼顾

案例是 PBL 的入口，最基本的要求是真实。案例最好来自真实的科研或临床问题，学生解决有实际价值的难题更容易投入[6]。陈金峰的分子生物学案例库建设即把真实研究素材整理成学生可动手分析的片段[5]。其次科学逻辑不能出错，案例涉及的分子机制和技术原理要跟当前研究进展对得上，为通俗而过度简化反而会让学生记住错误结论。好的案例还会留出开放性和不确定性，让学生靠假设去推，批判性思维由此形成[9]。

项目名称：问题链导向的分子生物学 PBL 课程开发-以肿瘤靶向治疗案例为切入点；项目编号：GJ2505；项目类别：三峡大学 2025 年高教研究项目。

2.2 数字化手段对案例呈现的改进

传统以文字和静态图片为主的案例，展示不出染色体易位、蛋白构象变化这类动态过程，动画与三维模拟让抽象概念变得好懂，如用动画演示 CRISPR-Cas9 识别并切割 DNA。虚拟仿真平台能让学生在虚拟实验室里跑完 PCR、Western blot 等操作，试错成本低，学生可以反复改条件、看结果，慢慢摸到生物学问题的规律[8]。线上平台的混合式 PBL 依托数字化教学平台整合多媒体资源，把课前预习、课中互动、课后反馈能连成一线，效果好过单一课堂[7]。

3 问题链的构建机制与教学优势

3.1 从现象到本质的认知阶梯

问题链不是把几个问题摞在一起，而要层层递进，常见做法是搭成现象、机理、应用、创造四级台阶：现象层从表型观察入手，说清问题面貌；机理层追问背后的分子机制，搭起表型和机制的因果链；应用层推向转化，让学生综合多个模块知识设计实验方案；创造层用开放性问题把注意力引到学科前沿的未解问题。每个问题要么是前一个的延伸，要么是其分支，整体呈现树状或网状；问题链里通常还有核心问题和支撑问题的分工，前者掌管全局，后者负责具体拆解，学生在抠细节时也不至于跑出整体框架[10]。

3.2 对高阶思维和知识整合的作用

问题链设计的 PBL 在促进高阶思维与知识整合上，效果有实证支撑。蔡晓娜等对国内临床检验教学做的 meta 分析显示，PBL 在提高学生成绩、激发学习兴趣和促进师生交流上都明显优于传统讲授[11]。用问题链的班级在布鲁姆“分析”和“综合”两个层级的得分更高，在信号通路交叉对话这类复杂任务上差距更明显。原因是解决一个问题往往要动用好几章的内容，如分析阿尔茨海默症中 Aβ蛋白沉积，需同时考虑蛋白质折叠、自噬途径、神经炎症。问题链教学让学生习惯把知识挂在问题上，按章节零散地记忆忘得快，挂在问题上留得住[9]。

3.3 问题是动态的，教师角色跟着变

问题链不是设计完就固定，要跟着学生的反馈调整。教师须听出学生卡在哪里、哪些概念理解偏了，再决定下一步问题的难度和方向。教师的位置也随之改变。从传授知识到引导思路、搭脚手架，通过 PBL 中的提示、反问、推荐文献把学生带向自主建构[14]。这个转变对教师的要求更高，系统的 PBL 教学法的专项训练成为落地的关键。同时，设计终点评价问题，让学生提出修正假设以检验知识迁移，使动态调整与目标评价形成闭环[13]。

4 实施中的核心挑战

4.1 教师转型与专业发展的难点

教师角色转型是分子生物学 PBL 最先撞上的问题。传统讲授模式下，教师习惯把知识传递的全过程握在手里，PBL 却要求放手，不少教师要么管得太多，要么拿不准何时该介入，担心放手后学生掌握不了复杂概念[12]。更麻烦的是 PBL 要求能力叠加：既要把分散的知识点按现象、机理、应用的顺序串成探究路径，又要能根据当场的讨论调整问题方向，还得及时看出学生的认知误区；这些靠传统学科训练多半练不出来，而现有师资培训多集中在学科知识更新上，对教学法本身着墨不多[12]。时间也是硬性约束。高质量的问题链的前期调研和反复打磨可能耗时数周，科研任务一压就顾不过来，加上培训与激励都不充分，教师转型的动力自然不足，PBL 容易走成形式[14]。

4.2 优质资源稀缺，开发困境

优质教学资源不够是制约分子生物学 PBL 规模化推广的结构性瓶颈，表现在案例、硬件、时间三块。案例方面，成熟案例库多集中在医学临床领域，分子生物学相关数量有限，难以直接照搬[5]。开发高质量问题链还要跟上单细胞测序、空间转录组等新进展，可开发团队学科背景单一，缺少教学设计协同，跨校共享平台缺位又让各校重复建设，优质资源难以沉淀和迭代。硬件与数据支撑不足削弱了探究的真实性。不少高校缺少实时数据生成平台或虚拟仿真软件，学生只能拿二手数据分析[7]。时间矛盾更为直接。PBL 需连续几周的大块时间才能做深，课表却是每周两到四学时的分散安排，思路反复被打断，问题链推不出深度。几方面叠加在，既加重教师的备课负担，也从根上限制了 PBL 的推广。

5 创新路径与未来方向

5.1 问题链的智能化生成与动态评估

人工智能与学习分析技术成熟之后，问题链的生成和评估有了新的可能。可开发 AI 辅助的问题链生成系统，依据课程知识图谱和学生已有水平生成不同难度层次的初始问题链，如从“怎样提取高质量 DNA”到“怎样设计实验验证某基因功能”的递进问题[4]。教学中用自然语言处理实时分析讨论文本，找出认知盲点并补充分支问题，实现个性化引导[9]。评估也可以做的更细。追踪学生在线讨论、实验模拟和作业提交的行为数据，建立问题链完成度与知识掌握度的关联模型，使过程可视化[7]。跨校的开放性问题链资源库同样值得推进，用知识图谱标注问题关联的概念和学习目标，教师可拖拽组合问题链，开发成本随之降低[14]。

5.2 跨学科与个性化的混合式设计

分子生物学交叉性强，PBL 设计可以往三个方向拓展：一

是“分子与临床”，围绕基因编辑婴儿事件，让学生同时考虑 CRISPR-Cas9 的技术原理、医学伦理规则与公众沟通策略，理解基础科学在真实场景里的应用边界[6]；二是“分子与计算”，如用机器学习和单细胞数据推断转录因子调控网络，学生同时接触编程和数据可视化[5]；三是“分子与伦理”，如个性化医疗中的基因隐私问题，要求学生在科学推理之外做价值判断。实施层面，线上用微课和互动仿真提供背景知识、发放初始问题，线下课堂深化问题和论证实验方案[7]。还可以做自适应问题链，让学生按兴趣和能力挑不同难度的分支。学习契约机制也可以引入，师生共同定学习目标和完成计划，学生就从被动接收者变成了主动规划者。

5.3 立体化评价与师资支持

前面提到的评价错位和教师转型困难，需要评价改革和师资建设一起推进。评价上可搭成果、过程、反思的三维体系。成果维度看问题解决方案和口头展示，考知识整合与表达；过程维度追踪小组讨论记录与互评，看协作与批判性思维的发展；反思维度纳入学习总结和对问题链修改的贡献。在此基础上开发量规式的分项评分工具，把问题提出质量、实验设计合理性、文献引用准确性等维度划出等级标准[13]。师资方面，可建 PBL 教师协作网，用案例设计工作坊和问题链效果分享会把生成、试用、反馈、修改连成闭环。同时设立 PBL 教学专项基金，把问题链开发计入教学工作量，并推动教研一体，让教师把教学改革做成行动研究课题[12]。评价体系为教师提供检验问题链效果的工具和数据，协作网络又为工具的优化和量规校准提供经验，两者互相支撑，PBL 的持续改进才有保障。

6 结论

从单一案例到问题链，分子生物学 PBL 的教学理念从知识碎片化转向思维系统化。问题链用递进的问题链条让学生在探究里完成知识的整合与迁移，高阶思维随之被锻炼出来。但能否成功，很大程度上取决于教师是否完成从知识传授者到思维引导者的转变。实施中暴露出教师转型困难、资源匮乏、评价滞后，并不孤立，是传统教育生态与创新教学模式之间的结构性张力在不同位置上的表现，需系统协同推进。往未来看，数字化技术、跨学科融合、个性化混合式学习、立体化评价和教师发展共同体互相支撑，PBL 走向深化靠的是教育理念、技术工具和制度保障三方面同时发力。

参考文献：

[1] 王青松,蔡望伟,周代锋,等.PBL 教学法在医学分子生物学教学中的应用[J].基础医学教育,2013,15(3):234-236.

[2] 高云,刘小宇,缪明永,等.PBL 教学法在医学分子生物学教学中的应用[J].基础医学教育,2015,17(9):767-769.

[3] 晏贤春,曹秀丽,卜歆,等.PBL 联合翻转课堂教学法在医学分子生物学实验教学中的探索和应用[J].生物学杂志,2022,39(1):115-117,122.

[4] 申亮亮,曲璇,张健,等.PBL 教学法在研究生分子生物学实验课程中的应用分析[J].生物技术通讯,2016,27(4):563-565.

[5] 陈金峰.课程导向的分子生物学案例库的建设与实践[J].生命的化学,2022,42(1):148-152.

[6] 郭学玲,石炜业,齐奕珂,等.生物学专业学位研究生案例库建设与教学实践——以"高级免疫学"课程为例[J].中国生物化学与分子生物学报,2025,41(8):1223-1234.

[7] 孙晓明,袁树楷,刘灵,等.数字化转型在分子医学实验教学中的探索[J].基础医学教育,2025,27(10):948-952.

[8] 李斌,桂雄,甘建华.虚拟仿真辅助教学模式应用于医药专业技能型人才培养中的实证研究——以生物化学实验教学为例[J].中阿科技论坛(中英文),2023(9):138-142.

[9] 马振霞,苏小龙,王梁华,等.从单向"问答"到深度"对话":高效课堂互动提质路径探究——以生物化学与分子生物学为例[J].生命的化学,2026,46(2):371-378.

[10] 谢云凤,闫华超.问题链教学在高中生物学教学中的模式探索[J].中学生物教学,2025(8):32-35.

[11] 蔡晓娜,杨沛,雷国勤,等.PBL 教学法对国内临床检验教学效果影响的 meta 分析[J].国际检验医学杂志,2019,40(23):2877-2882.

[12] 郭晓磊,关宿东.PBL 教学模式对医学院校教师教学能力要求探讨[J].蚌埠医学院学报,2010,35(11):1164-1165.

[13] 汤冬玲,李艳,李栋.PBL 教学法结合形成性评价在临床生化中的应用[J].中国继续医学教育,2019,11(8):18-20.

[14] 范鹏,王洁,张永杰,等.南京医科大学 PBL 教学本土化适配与体系化建构的实践探索[J].济宁医学院学报,2026,49(2):181-186.