·教学改革·

基于CKM理念的《生物化学与分子生物学》PBL融合教学改革与实践探索

吴依婷[1]　钟林杉[2]　丁琳[1]　傅肆[3]　姜绮霞[1]
[1]上海交通大学医学院附属第一人民医院心血管病临床医学中心，上海 200080；[2]上海交通大学医学院附属同仁医院心血管内科，上海 200336；[3]南京中医药大学医学院生物化学与分子生物学教研室，南京 210023
通信作者：姜绮霞，Email：732004312@shsmu.edu.cn

【摘要】 目的　探索基于心血管-肾脏-代谢（cardiovascular-kidney-metabolic，CKM）理念的《生物化学与分子生物学》课程与以问题为基础的学习（problem-based learning，PBL）融合教学模式在临床医学专业中的应用效果。**方法**　教学内容以CKM理念所构建的管理模式为框架，整合糖脂代谢、氧化应激与信号转导等核心知识模块，设计“临床情境—问题引导—自主探究—反思总结”的教学闭环。选取2023级临床医学专业84名本科生实施教学改革，并以2022级92名接受传统教学模式的学生作为对照。采用双导师制与小组协作学习，并通过形成性与终结性评价相结合的方式评估教学成效。所有数据采用SPSS 26.0进行统计分析，计量资料以均数 ± 标准差表示，组间比较采用独立样本 t 检验；分类资料以频数和构成比表示，组间比较采用Pearson卡方检验。**结果**　与传统教学组相比，教学改革组学生的平均成绩显著提高[(81.44 ± 9.12)分 vs. (76.19 ± 10.84)分，t=−3.12，P=0.002]，成绩结构明显优化，“优+良”高水平比例从46.74%（43/92）提升至71.43%（60/84），不及格比例下降，差异具有统计学意义（χ^2=11.03，P=0.001）。同时，教学改革组学生的课堂参与度显著提升，问卷调查显示，89.29%（75/84）的学生认为该课程提高了他们的学习兴趣，92.86%（78/84）的学生认可教学内容贴近临床实践。**结论**　基于CKM理念的PBL融合教学有助于实现基础与临床知识的有机衔接，促进学生从“知识学习”向“能力建构”转变，为新医科背景下基础医学课程改革提供了可推广的教学范式。

【关键词】 心血管-肾脏-代谢理念；　以问题为基础的学习；　生物化学与分子生物学；　教学改革
【中图分类号】 R-0；R-3；R-4
DOI：10.3760/cma.j.cn116021-20251023-02227

Reform and practice of an integrated teaching model for the course *Biochemistry and Molecular Biology* based on cardiovascular-kidney-metabolic concept and problem-based learning

Wu Yiting[1], Zhong Linshan[2], Ding Lin[1], Fu Jin[3], Jiang Qixia[1]
[1]Department of Cardiology, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200080, China; [2]Department of Cardiology, Tongren Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200336, China; [3]Department of Biochemistry and Molecular Biology, School of Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China
Corresponding author: Jiang Qixia, Email: 732004312@shsmu.edu.cn

【Abstract】 Objective　To explore the effectiveness of an integrated teaching model for the course Biochemistry and Molecular Biology based on cardiovascular-kidney-metabolic (CKM) concept and problem-based learning (PBL) in clinical medicine education. **Methods**　The course content was organized using the disease-management framework established by the CKM concept, integrating core knowledge modules such as glucose and lipid metabolism, oxidative stress, and signal transduction. A closed teaching cycle of clinical scenario, problem guidance, independent inquiry, and reflective summary was designed. Eighty-four undergraduate clinical medicine students enrolled in 2023 were selected for the teaching reform, while 92 students enrolled in 2022 who received traditional teaching model served as the control group. A dual-mentor system and small-group collaborative learning were implemented. Teaching effectiveness was evaluated using

a combination of formative and summative assessments. All data were analyzed using SPSS 26.0. Continuous data were expressed as mean ± standard deviation and between-group comparisons were conducted using independent-samples *t* tests. Categorical data were presented as frequencies and percentages and between-group comparisons were performed using Pearson's chi-square test. **Results** Compared with the traditional teaching group, students in the reform group achieved significantly higher mean examination scores [(81.44 ± 9.12) vs. (76.19 ± 10.84), t=−3.12, P=0.002]. The grade distribution was significantly optimized. Specifically, the proportion of high-level performance (excellent + good) increased from 46.74% (43/92) to 71.43% (60/84), and the failure rate decreased, with a significant difference (χ^2=11.03, P=0.001). In addition, classroom engagement improved significantly in the reform group. Questionnaire surveys indicated that 89.29% (75/84) of students believed that the course enhanced their learning interest, and 92.86% (78/84) agreed that the course content was closely aligned with clinical practice. **Conclusions** The integrated teaching model based on CKM concept and PBL effectively bridges basic and clinical knowledge, promotes the shift from knowledge acquisition to capability building, and provides a replicable teaching paradigm for curriculum reform in basic medical education under the New Medical Science framework.

【Key words】 Cardiovascular-kidney-metabolic concept; Problem-based learning; Biochemistry and Molecular Biology; Teaching reform

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20251023-02227

在新医科背景下，医学教育正经历深刻的结构性变革。2018 年，中共中央、国务院提出新医科理念，强调以临床问题为导向加强学科交叉融合，以适应医疗环境的复杂性和患者需求的多样性[1]。然而，传统《生物化学与分子生物学》课程教学中普遍存在新医科理念淡薄、教学内容陈旧、学科交叉难、教学方法传统、教学评价单一等问题[2]。课程以基础理论灌输为主，临床关联薄弱，学生难以认识到生化机制在疾病诊治中的应用价值，导致“学而不用”的学习断层[3]。因此，亟须建立“以学生发展为中心”的教学理念，倡导师生共建、问题导向、结果转化的课程设计，强化学习者在情境中的主动建构与反思，清晰评估学生在学习中的能力[4]。与此同时，随着我国居民生活方式和疾病谱的转变，医学教育面临着新的挑战与转型需求。高能量、高糖、高钠饮食与久坐少动的生活习惯使肥胖、2 型糖尿病（type 2 diabetes mellitus，T2DM）、多囊卵巢综合征（polycystic ovary syndrome，PCOS）等代谢性疾病呈年轻化趋势。肥胖及代谢异常不仅增加了医保负担，还对劳动人口质量与寿命造成威胁。根据《中国心血管健康与疾病报告 2023 概要》，1990—2019 年中国 1~79 岁人群心血管疾病（cardiovascular disease，CVD）年龄标化发病率从每年 646.2/10 万人上升至每年 652.2/10 万人[5]，说明心血管疾病仍居我国死亡原因首位；同时，疾病负担也呈现持续上升的趋势，代谢因素的贡献逐年上升[6]。

美国心脏协会（American Heart Association，AHA）提出的 CKM（cardiovascular-kidney-metabolic）理念揭示了心、肾、代谢系统间分子层面的互作机制：代谢异常会导致胰岛素抵抗、脂毒性和氧化应激，进而引发内皮功能障碍与肾小球损伤，最终形成心血管-肾脏-代谢的连续性病理通路。这一理念为医学教育提供了新的整合思路，CKM 理念强调“整体代谢稳态”思维，倡导从系统层面理解疾病发生与干预的路径，推动预防、诊治与康复的临床整合管理，构建了生化课程与以问题为基础的学习（problem-based learning，PBL）相衔接的体系。然而，当前医学教育体系在基于 CKM 理念的整合式教学上仍存在基础与临床割裂、机制讲授与病例分析脱节等问题，缺乏以“机制驱动—问题导向”为核心的教学路径。新医科建设要求课程体系能够反映疾病谱变化、技术革新与社会健康需求。因此，将 CKM 理念引入《生物化学与分子生物学》教学，以 PBL 为载体重构教学模式，该模式强调以学生为主体、以问题为中心展开讨论，具有开放性、探索性、自主性的特点[7]，不仅能强化临床导向与探究能力的培养，也为医学教育改革提供了现实路径。基于此，本研究旨在探索 CKM 导向的 PBL 融合教学模式，构建基础课程与临床应用的双螺旋体系，培养具备系统思维、科研素养与临床创新能力的复合型医学人才。

1　研究背景与意义

1.1　课程教学现状与问题分析

《生物化学与分子生物学》课程作为基础医学与临床医学之间的重要桥梁课程，是医学生理解疾

病机制、掌握分子诊断及精准治疗理念的关键环节。然而，在传统教学模式下，该课程长期存在“重理论、轻实践”的结构性困境。首先，课程内容多以分子结构、代谢途径、酶学反应为主，知识体系庞杂且抽象，学生往往陷入机械记忆，难以形成系统化理解，导致学习兴趣相对欠缺，课堂效果不够理想。其次，教学形式仍以教师讲授为主，学生学习参与度低，课堂互动与探究活动匮乏，学习主动性和批判性思维能力不足。部分学生对课程学习的最终目标认识模糊，将其视为应试性课程，缺乏将生化知识迁移到临床思维与科研创新中的意识。此外，传统教学评价体系仍以期末考试为主要标准，未能充分体现学生在学习过程中的探究能力、合作能力及问题解决能力。教师侧重于知识点的覆盖率，而忽视学习者的个体差异与学习体验，而个人能动性的发展需要时间，这导致教学结果往往呈现出“知识输入饱和但应用输出不足”的矛盾[8]。从教师角度看，部分基础课教师缺乏临床经验，对生化机制在临床诊疗中的作用阐释不充分，未能构建“从分子到疾病”的知识链条，影响了学生对学科应用价值的认知[9]。因此，当前课程教学急需实现从“知识传授”到“能力培养”的转型，构建以学生为中心、以问题为驱动、以能力为导向的教学体系，让学习过程成为知识内化与能力提升的双重过程。

1.2　PBL运用于CKM理念中的适切性

CKM理念是一种以系统稳态和多器官互作为核心的新型健康管理框架。该理念突破了传统按单一器官或系统划分疾病的思维模式，强调心血管、肾脏与代谢之间的连续性、互损性与可逆性。CKM理念整合多学科信息，在“分子—细胞—器官—系统”层面建立连贯的知识链条，要求医学学习者能够在多层级、多通路的框架下理解疾病机制。而在生化课程中引入PBL，正是实现这一教学理念的重要路径。PBL通过“以问题为导向”的学习方式，让学生在真实或模拟临床情境中主动探究问题、整合知识、协作解决问题，从而促进高阶认知与自我反思能力的培养。在CKM理念指导下，PBL可以将复杂疾病作为学习载体，将心、肾、代谢机制的交互作用内化为学习主线。此外，CKM理念强调“以患者为中心”的综合管理，与PBL倡导的“以学生为中心”高度同构，二者均重视参与式、探究式学习过程的价值。这种理论共鸣使得CKM导向的PBL融合教学具备强大的结构兼容性与教育学价值，为临床导向的基础医学教学提供了理论支持与方法创新。

1.3　教学改革的必要性与时代背景

当前，我国医学教育正处于“新医科”建设的关键阶段，医学课程整合是目前医学教育发展的潮流与趋势，它打破传统学科的限制，凸显出学习过程的全面性与完整性[10-11]。教育部多次强调要以健康中国为导向，推动基础与临床、医学与工程、教学与科研深度融合。在此背景下，其教学改革的紧迫性愈加突出。从社会背景来看，随着我国居民生活方式和疾病谱的变化，慢性非传染性疾病呈现高发与年轻化趋势，代谢相关疾病已成为威胁国民健康的重要因素。同时，国家卫生健康委员会提出“三年体重管理行动计划”，强调代谢管理与疾病预防的重要性。医学教育必须回应这一公共卫生现实，通过课程改革使学生早期理解代谢机制与临床疾病的联系，培养面向未来临床工作的综合型人才。

从国际趋势来看，欧美医学院校已广泛应用系统整合型课程，将基础内容嵌入以疾病为核心的整合模块中，如哈佛大学的健康科学与技术（health sciences and technology，HST）联合项目、伦敦国王学院的整合式医学课程（integrated medical curriculum）均体现了该教育模式[12]。在上述背景下，探索符合CKM理念、能够促进基础与临床深度融合的教学改革路径，具有现实必要性。

2　教学设计与实施路径

本研究以建构主义学习理论为基础，融合成果导向教育（outcome-based education，OBE）与能力本位教育（competency-based education，CBE）理念。将PBL教学作为核心手段，通过问题情境促进学生主动学习、反思学习与协作学习。研究遵循“理论整合—教学设计—实施反馈—持续改进”的思路，构建符合CKM理念的教学框架。

2.1　教学改革设计

在CKM理念指导下，本课程对《生物化学与分子生物学》的教学框架进行了系统重构。教学大纲以“机制—疾病—管理”为主线，通过基础代谢机制、病例链解析与慢病管理策略的三段式结构，引导学生在理解分子机制的基础上形成系统化临床思维。基础教学部分聚焦能量代谢、线粒体功能、氧化应激及炎症信号等关键内容；病例模块通过CKM 1~4期的链式病例呈现代谢异常、病理改变与临床表现之间的因果关系；临床管理部分则引入主要代谢靶向药物与生活方式干预等的作用机制，帮

助学生建立疾病管理的科学依据。课程实施依托现有 108 学时的教学体系，划拨 6~8 学时用于 PBL 专题模块，并在理论课程推进至关键知识节点后开展 1 次 PBL 实验性教学。通过情境病例呈现、问题链探究与小组式多学科诊疗模式（multidisciplinary team，MDT）讨论，促使学生在主动参与中实现知识的深化与整合。为全面反映学习成效，课程评价体系采用形成性与终结性评价相结合的方式，从课堂参与度、资料整合质量、机制分析深度及病例报告完整性等方面考查学生的综合能力；同时结合教学效果的量化评价，以学生成绩等级分布作为教学影响的客观指标，从而更系统地评估课程改革的实际成效。

2.2　教学目标与培养定位

2.2.1　以能力为导向的教学目标构建

在新医科建设背景下，《生物化学与分子生物学》课程不仅承担着基础理论传授的任务，更肩负着培养学生科学思维、临床分析与问题解决能力的重要使命[13]。本课程改革在 CKM 理念的基础上以 OBE 和 CBE 理念为核心，重新定义教学目标体系。教学目标划分为 3 个层级。①知识维度：理解能量代谢、信号转导、基因调控、表观遗传等核心机制及其在疾病中的异常表现；②能力维度：能够从分子层面分析典型临床症状与检验结果的病理机制，并提出干预策略；③素养维度：形成科学探究意识、伦理责任感与终身学习能力。此外，课程明确提出“五力协同”培养体系：机制理解力、问题识别力、证据评估力、科研创新力与跨学科整合力。这一目标体系实现了从“知识导向”向“能力导向”的范式转变，确保学生在学习过程中实现“学以致用、知行合一”的专业成长。

2.2.2　临床导向与科研素养并重的能力体系

在能力培养方面，本课程基于 CKM 理念，以“临床导向—科研驱动—融合创新”为主线，构建双维交叉的能力框架。一方面，课程以真实病例情境为载体，引导学生从临床症状出发，回溯生化机制，形成“从病人到分子”的纵向分析逻辑；另一方面，通过引入科研思维训练，引导学生在学习过程中掌握假设形成、实验设计与数据解释的基本能力。为实现这一目标，教学团队采用“双导师制”，由基础教师负责机制分析与文献指导，临床教师负责病例解析与决策回顾。同时，课程强化科研素养训练，学生需完成文献检索、证据表制作与小组报告，初步具备科研选题、研究设计与数据解释的能力。课程设计以代谢紊乱相关疾病（如糖尿病、动脉粥样硬化、心衰）为主线，紧扣 CKM 理念，帮助学生理解疾病的多系统共病机制与代谢网络调控，为新医科背景下医学教育的能力导向改革提供可推广的范式。

2.2.3　CKM 导向下开设 PBL 的优势

本专业在开设 PBL 课程方面具备独特优势。该教学模式的创新之处在于，基于 CKM 理念将基础生化机制教学转化为临床决策思维训练，实现了从会记忆向会应用、会分析的转变。代谢异常相关疾病涵盖糖代谢、脂代谢及能量利用障碍的多个阶段，分别对应 CKM 进展的 1~4 期（表 1），生物化学学科的教学内容与其高度契合。课程涉及物质与能量代谢、代谢池与生物氧化等核心知识，能够支撑学生深入理解疾病的分子机制。通过剖析代谢重编程、线粒体功能障碍等当前研究热点，学生可将课堂理论与临床实践相联系，在早期教育阶段树立跨系统疾病管理理念，理解目前在 CKM 管理中发挥重要作用的药物，如利拉鲁肽、司美格鲁肽和度拉糖肽，替尔泊肽，恩格列净、达格列净，非奈利酮和维利西胍等，这些药物都在一定程度上改变了代谢方式；而传统药物抑制剂他汀类（血脂管控的基石药物）及尼曼–匹克 C1 型类似蛋白 1 的抑制剂和前蛋白转化酶枯草溶菌素 9 蛋白的调控剂等都是生物化学教学的重点。以此为基础，课程实现了基础学科与临床决策的有机融合，充分发挥生物化学在临床医学人才培养中的桥梁作用，有助于培养具备系统思维与跨界创新能力的新型医学人才。

2.3　课程内容整合与案例构建

2.3.1　基于 CKM 理念的知识模块重构

本课程以 CKM 理念为核心，重新整合教学内容。从生化机制层面来看，CKM 关注的并非孤立的器官损害，而是由代谢紊乱引发的“连续性损伤链条”。持续的高糖、高脂状态使肝脏和外周组织长期处于代谢负荷过高的状态，糖酵解、三羧酸循环

表 1　代谢异常相关疾病在 CKM 阶段中的分布与特征

CKM 阶段	主要代谢异常类型	典型疾病与临床特征
1 期	糖代谢异常、胰岛素抵抗	2 型糖尿病早期、代谢综合征、高胰岛素血症
2 期	脂代谢异常、心血管危险因素积累	高脂血症、动脉粥样硬化、高血压前期
3~4 期	全面代谢紊乱与多重危险因素叠加	心力衰竭、慢性肾病、心肾综合征

与脂肪酸β-氧化通路被过度激活，导致三磷酸腺苷（adenosine triphosphate，ATP）生成方式发生重编程，同时伴随大量活性氧（reactive oxygen species，ROS）产生。过多的ROS及终末糖基化产物（advanced glycation end products，AGEs）可引发内皮功能障碍和微血管结构破坏，心肌能量底物从葡萄糖向脂肪酸偏移、线粒体功能受损会加重心肌缺血与重构；同时，还能使肾小球毛细血管长期处于高压、高滤过状态，诱导系膜细胞增殖、足细胞损伤和基底膜增厚。与此同时，脂毒性引起的脂质沉积会损伤肾小管上皮细胞，引发炎症因子释放和间质纤维化，进一步推动慢性肾病与心肾综合征的发展。将上述生化链条纳入教学，有助于学生从分子和通路角度理解CKM框架下心肾共病的本质。

新课程采用“机制主线+疾病模块”的CKM整合模式，按照疾病共通机制将内容重组为5大模块：①能量代谢与糖尿病；②脂质代谢与动脉粥样硬化；③氧化应激与损伤；④信号通路与肿瘤发生；⑤表观遗传与精准医学。每个模块以“核心机制+关键通路+临床案例+疾病诊疗+生活方式干预”为结构主干。其中，生活方式干预和疾病诊疗同等重要，强调代谢异常、心肾损害的分子基础与可干预行为之间的因果联系。例如，在能量代谢与糖尿病模块中，课程会对应讲解高糖饮食、体重增长、线粒体功能与胰岛素抵抗的发生机制；在脂质代谢与动脉粥样硬化模块中，会结合临床证据讨论健康饮食、规律运动对降低炎症反应及改善脂毒性的作用；在氧化应激与肾脏损伤模块中，引导学生理解高盐饮食、睡眠不足和吸烟等如何诱发氧化链反应、加重肾小球高滤过率与炎症纤维化。通过将生活方式因素与代谢紊乱、器官损伤的分子通路直接对应，学生能在学习疾病机制的同时，清晰掌握预防与管理策略的生物学依据，实现从生化机制到一级预防和二级预防策略的教学延伸，形成涵盖分子机制阐释、疾病发生演进及干预决策依据的完整知识链。通过这一模块化设计，学生在掌握生化机制的同时，能够理解其临床关联与转化应用。

2.3.2　临床典型病例驱动的探究式任务设计

案例设计遵循“真实性、代表性、可探究性”原则。课程团队基于临床资料库选取具有代表性的CKM相关病例，如糖尿病酮症酸中毒、慢性肾病合并高血压、动脉粥样硬化性心脏病等。教师在课程前为学生提供患者基本资料、实验室检查结果及临床演变过程，引导学生识别问题、生成假设并自主检索证据。每一案例均配备“探究任务单”，如表2所示，学生需在小组内完成以下流程。

课程内容聚焦代谢异常导致的多系统疾病，典型病例涵盖高血压、动脉粥样硬化、心力衰竭、慢性肾病（chronic kidney disease，CKD）及心肾综合征（cardiorenal syndrome，CRS）等。教学设计充分考虑学生处于基础阶段的认知特点，以保证探究的可行性。

2.3.3　课程设计的伦理道德规范

课程遵循《赫尔辛基宣言》精神，强调临床伦理与患者保护意识。对新型药物的探讨以拓宽学生科研视野为目的，鼓励学生以“临床问题—机制分析—证据验证”的思路发现问题、提出假设并尝试科学解释，从而在学习中实现科研思维的启蒙。该探究任务模式强化了学生的证据意识与逻辑思维能力，使他们在分析疾病机制的同时，具备从基础研究到临床诊断的横向学习思维。

2.4　教学实施流程与策略

2.4.1　小组合作与教师引导机制

教学实施采用小组合作学习模式，每个学习单元由8~10名学生组成1个学习小组，设置主持人、记录员、资料员和汇报员等角色，并实现角色轮换与责任共担。教师负责引导问题生成、监控讨论质量并及时提供反馈。教学班根据人数分为若干学习小组，每组设组长并进行分工（如记录、汇报、资料整合等），确保全员参与和责任分担。PBL环节设计紧密贴合临床实战，涵盖患者基本信息、主诉、病程、体格检查、实验室结果及影像学资料等内容。学生需在教师引导下完成病情分析、诊断推理、药物方案讨论和随访评估。课程可邀请临床一线医

表2　基于PBL的生物化学机制探究学习步骤与教学要点

步骤	教学内容与活动	教学目标
1	明确临床问题并提出假设	激发学生问题意识，建立探究驱动的学习动机
2	检索和筛选生物化学机制相关文献	培养文献检索与证据筛选能力，建立信息素养
3	以图示方式建立机制模型	理解疾病分子通路与代谢网络，提升系统思维
4	结合临床数据进行机制验证	强化临床数据分析与逻辑推理能力
5	汇报与反思，总结学习成果	提升表达能力与反思性学习水平

师参与点评，促进学生在跨学科互动中理解诊疗思维和药物经济学考量，实现课堂教学与临床实践的有机衔接。

此外，课程实行“基础导师+临床导师”的双导师制，后续拟通过问卷调查评估双导师制效果。8~10名学生组成1个学习小组，由1名基础导师和1名临床导师共同负责全过程指导。基础导师主要负责生化与分子机制的梳理、学习方法指导和文献阅读训练；临床导师则围绕典型病例、指南共识和诊疗路径，帮助学生将基础与临床贯通起来。在具体实施过程中，双导师需在每一教学单元开始前共同确定该单元的学习目标和核心问题，课中分别承担机制讲解、小组讨论引导、病例点评等不同角色，课后通过线上平台对学生的学习反思和作业进行分工批改与联合反馈。通过这种“分工明确、协同育人”的方式，使学生在同一学习情境中同时获得基础学科思维与临床决策思维的双重训练。在课外环节，一方面，鼓励基础导师结合自身课题组研究方向，面向有兴趣的学生开放小型科研体验项目，如文献综述撰写、简单数据分析、病理分子机制追踪等，帮助学生初步建立从问题提出到证据检索、从机制假设到实验设计的科研意识。另一方面，由临床导师牵头，组织学生参加病房见习、病例讨论会、MDT观摩等活动，引导学生在真实情境中观察代谢紊乱与心肾共病的临床表现，思考课堂所学机制在疾病诊疗与慢病管理中的实际应用。本课程的教学模式不仅强调病例驱动，更强调在系统机制框架下整合生化与临床知识，形成可推广的“问题链式教学结构”。

2.4.2　多维评价体系的构建与应用

为科学评价学生的学习质量与课程成效，本课程建立多维度评价体系，包含形成性评价、终结性评价与自我反思3个部分（表3）。

课程考核采用小组形式进行，要求学生以规范书写病例的方式提交患者评估报告与完整病历。评价标准综合考查学生的临床分析能力、资料整合能力及表达逻辑。教师根据PBL过程中的表现进行多维度评分，评分内容包括病例汇报的完整性、机制阐释的准确性及团队协作的贡献度。通过多轮实施发现，形成性评价与终结性评价相结合的方式，更能反映学生深层学习的变化情况，这一评价方式对基础与临床混合课程具有普适性。

2.5　统计学方法

本研究采用SPSS 26.0软件进行统计分析。计量资料经正态性检验后，以均数 ± 标准差表示，并同时报告均值的95%置信区间；为进一步补充描述成绩的分布特征及离散程度，还报告了中位数及四分位数间距。对于2组相互独立样本间的连续变量比较，采用独立样本t检验。分类资料（如成绩等级“优、良、合格、不合格”）以频数和构成比表示，组间比较采用Pearson卡方检验，以分析成绩等级分布差异。所有检验均为双侧检验，检验水准α=0.05。

3　教学效果与评价分析

3.1　教学实施结果

3.1.1　学生学习兴趣与主动性提升

问卷调查结果显示（表4），63.10%（53/84）的学生对“课程提高学习兴趣”表示“非常满意”，26.19%（22/84）的学生表示“比较满意”，综合满意度达89.29%（75/84）。多数学生认为，基于CKM导向的PBL教学显著提升了他们的学习兴趣和课堂参与度，92.86%（78/84）的学生认可课程内容贴近临床实践。学生普遍反映，通过病例导入与小组讨论，他们实现了从“被动接受”向“主动探究”的转变，课堂提问频率增加，互动深度也明显提高。

3.1.2　知识迁移与综合应用能力增强

55.95%（47/84）的学生认为PBL教学显著促进了生化知识与临床联系，30.95%（26/84）的学生表示较为满意。86.90%（73/84）的学生能够将生化知识与临床机制相联系，78.57%（66/84）的学生能够准确阐述糖脂代谢紊乱与心肾代谢共病的机制联系。教师观察显示，学生能运用糖酵解、β-氧化、三羧酸循环（tricarboxylic acid cycle，TCA）及腺苷酸活化蛋白激酶（amp-activated protein kinase，AMPK）等通路进行机制推理，体现出跨学科整合与科研思维的提升。部分学生还能主动查阅文献并提出假设，表现出知识迁移与创新能力的增强。

表3　多维度学生学习质量与课程成效评价体系

评价类型	评价内容	评价重点
形成性评价	课堂参与度、任务完成质量、文献检索能力、概念图复杂度、同伴互评结果	关注学习过程、合作能力与知识建构
终结性评价	综合病例汇报与口头答辩	考查系统整合力与临床解释力
自我反思	提交反思日志，阐述困惑、突破与改进方向	强化元认知能力与自我调节学习

3.2　教学效果量化评价

3.2.1　学业成绩分析

本研究将课程成绩划分为4个等级：优（90~100分）、良（80~89分）、合格（60~79分）与不合格（<60分）。为比较教学改革效果，研究者调取了2022级接受传统教学模式的学生（n=92）的考试成绩作为对照组，将其与2023级接受CKM导向PBL教学改革的学生（n=84）的成绩进行横向比较。两届学生均在相同课程大纲下完成考试，试卷难度系数和考核要求相似，以此减少不同年级间因试卷难度差异产生的偏倚。

2022级传统教学组中，“优”等级占11.96%（11/92），“良”等级占34.78%（32/92），“合格”等级占46.74%（43/92），“不合格”等级占6.52%（6/92）；而2023级教学改革组中，“优”等级比例显著提高至22.62%（19/84），“良”等级为48.81%（41/84），“合格”等级为25.00%（21/84），“不合格”比例由6.52%（6/92）降至3.57%（3/84）。以成绩等级（优、良、合格、不合格）为分类变量对2022级与2023级学生成绩等级分布进行Pearson卡方检验，结果显示2组成绩等级分布差异具有统计学意义（χ^2=11.47，P=0.010）。进一步以“优+良”作为高水平表现指标，高水平比例由2022级的46.74%（43/92）提升至2023级的71.43%（60/84），差异具有统计学意义（χ^2=11.03，P=0.001）。上述结果表明，与传统教学模式相比，CKM导向的PBL融合教学显著优化了学生的成绩结构，降低了不及格比例，整体提升了学习质量与高水平表现比例（表5）。

在此基础上，将成绩作为连续变量进一步分析发现，2022级学生的平均成绩为（76.19 ± 10.84）分（95%CI=73.97~78.41），中位数为77.00分（四分位数间距为18.32分）；2023级学生的平均成绩提升至（81.44 ± 9.12）分（95%CI=79.49~83.39），中位数为82.00分（四分位数间距为14.22分），提示成绩分布趋于集中。在确认2组样本相互独立的前提下，采用独立样本t检验比较两届学生的成绩差异，结果显示2023级学生的平均成绩显著高于2022级学生（t=−3.12，P=0.002）。

3.2.2　教师与学生双向反馈结果

对教师是否促进学习与思考的反馈显示，66.67%（56/84）的学生非常满意，27.38%（23/84）的学生较为满意，普遍认为该模式更能体现生物化学的学习意义；55.95%（47/84）的学生认为“双导师制”有效提升了学生的科研兴趣与协作能力。学生问卷显示，PBL教学在促进代谢机制理解的同时增强了学生的表达与批判思维能力，课程整体满意度达95.24%（80/84）。

表4　学生对CKM导向PBL教学模式的问卷调查结果[n=84，例（%）]

教学维度	具体指标	非常满意	比较满意	不确定	不满意
学习兴趣与主动性	课程提高学习兴趣	53（63.10）	22（26.19）	6（7.14）	3（3.57）
	课程内容贴近临床实践	55（65.48）	23（27.38）	4（4.76）	2（2.38）
知识迁移与综合能力	促进生化知识与临床联系	47（55.95）	26（30.95）	7（8.33）	4（4.77）
	加深代谢机制理解	41（48.81）	25（29.76）	10（11.90）	8（9.53）
教学互动与参与	小组合作与讨论积极性	51（60.71）	24（28.57）	6（7.14）	3（3.58）
	课堂参与度明显提升	53（63.10）	23（27.38）	5（5.95）	3（3.57）
教师角色与指导	教师促进学习与思考	56（66.67）	23（27.38）	4（4.76）	1（1.19）
	双导师制提升科研兴趣	47（55.95）	26（30.95）	7（8.33）	4（4.77）
综合满意度	教学整体满意度	57（67.86）	23（27.38）	2（2.38）	2（2.38）

表5　2022级与2023级学生学业成绩及成绩等级分布的统计学检验结果

指标	2022级（n=92）	2023级（n=84）	t/χ^2值	P值
成绩（分，$\bar{x} \pm s$）	76.19 ± 10.84	81.44 ± 9.12	−3.12	0.002
成绩（95%置信区间，分）	73.97~78.41	79.49~83.39		
成绩[分，$M(Q_1, Q_3)$]	（77.00，18.32）	（82.00，14.22）		
成绩等级分布（优/良/合格/不合格）[例（%）]	11（11.96） 32（34.78） 43（46.74） 6（6.52）	19（22.62） 41（48.81） 21（25.00） 3（3.57）	11.47	0.010
高水平表现（优+良）[例（%）]	43（46.74）	60（71.43）	11.03	0.001

注：空白处表示没有数据。

4　讨论

4.1　教学成效差异分析

本研究结果显示，与传统教学组相比，CKM 导向 PBL 融合教学改革组学生的平均成绩差异有统计学意义，成绩等级分布也呈现出结构性改善的特征，表现为高水平表现比例增加、不及格比例下降。该结果提示，这种教学模式的作用不仅体现在整体成绩水平的变化上，还反映在学习结果分布结构的优化上。结合课堂参与度评分及问卷调查结果可以发现，学习成效的改善与学习过程中投入的变化呈现出一致性趋势。课堂参与度的提高，以及学生对课程临床相关性和知识整合性的积极评价，提示 CKM 导向 PBL 教学可能通过增强学习投入和认知参与，对学习结果产生影响。

从教学实施路径来看，CKM 理念通过构建跨系统的疾病认知框架，有助于学生形成相对稳定的知识结构；PBL 教学则通过问题驱动和讨论互动，为知识的理解与应用提供情境支持。二者的结合可能促进学生的深层理解与知识迁移，进而在成绩水平和成绩结构上呈现出同步改善的情况。因此，本研究所观察到的教学成效差异，可能并非单一教学要素调整所致，更可能是教学模式对学习路径和认知方式进行整体重塑的结果。上述结果提示，在基础医学课程中引入 CKM 理念并结合 PBL 教学，可能为新医科背景下基础课程教学改革提供具有实证依据的参考方案。

4.2　课程改革的可持续发展路径

本课程改革在 CKM 理念引领下，显著提升了教学内容的体系化程度、教学内涵的多元性及教学模式的可持续性。其一，在体系建构方面，课程不再孤立地讲授基础知识或单一的临床内容，而是以 CKM 相关疾病为主线，将分子机制、关键通路、临床病例分析与疾病诊疗决策有机整合，形成“基础—临床—管理”相互贯通的教学结构，让学生能够在统一框架下理解疾病的发生机制及其干预逻辑。其二，在教学内涵方面，课程强调以临床问题和治疗目标为导向，突破传统以知识传授为核心的教学模式，将疾病诊疗与生活方式干预纳入同一教学体系，引导学生认识药物治疗、行为干预与长期管理在 CKM 疾病防控中的协同作用，从而实现从机制理解到综合干预策略的系统性训练。其三，在实施与推广方面，该模式依托真实临床案例、循证医学证据及形成性评价机制，降低了学生的学习门槛，增强了学生的学习获得感与参与度。在提升基础理论学习深度的同时，通过临床实践不断反哺基础认知，因此具备较高的接受度与持续运行的现实基础。上述特征共同支撑了课程改革的长期可实施性，使其不仅有助于学生夯实基础知识，也有利于培养其面向临床与预防实践的综合医学思维。

课程改革在可持续发展上有赖于教学体系、资源平台与评价机制的长期构建与迭代优化。首先，当前课程以本科阶段为起点，未来可与临床前课程（如生理学、病理学）及临床阶段课程（如诊断学、内科学）实现纵向衔接，构建以 CKM 为主线的教学螺旋结构。通过“机制共识—病例探究—临床验证—科研创新”的四级递进模式，实现从课堂教学向科研与临床实践的平滑过渡。可推广在线 PBL 教学体系，进一步践行融合课程的教学理念，提升学生的可视化理解能力与临床思维能力[14]。其次，依托医学教育信息化建设整合跨平台资源，形成可持续更新的 PBL 案例库、交互式知识图谱及虚拟仿真资源，并与医院共享最新临床病例。这种“探究拓展”模块为学生提供了知识深化与能力提升的空间，有效强化了其科研精神与创新意识[15]。同时，还能进一步实现教学内容的实时补充与扩容，从而构建动态演化的资源支持体系。通过上述系统建设，课程改革能够形成一个自更新、自扩展、自强化的运行生态，确保教学创新具备可持续推进的能力与长期教育价值。上述要素构成了本课程改革的基本框架，也为类似课程的设计与实施提供了可借鉴的经验。

4.3　局限性与未来改进方向

尽管 CKM 导向的 PBL 教学在教学效果方面取得了显著成果，但在实施过程中仍存在一定的局限性。首先，师资力量不足是 PBL 教学推广的重要瓶颈。由于该模式对教师的临床经验、科研背景及教学引导能力要求较高，目前基础学科教师与临床教师之间的协同配合仍不充分。未来应建立“双导师制”与“教学共同体”机制，加强跨学科教师培训，以保障案例研讨的质量和教学深度。其次，时间和课时资源有限，导致 PBL 教学往往只能以实验性的形式开展。针对这一问题，可采用“模块化 PBL”策略，将复杂病例拆分成若干学习单元，在有限的课时内实现知识的链式学习，从而兼顾学习的深度和广度。再次，课程评价体系的科学性仍有待提升。目前的评价标准仍以结果性指标为主，对学习过程中学生的思维发展和团队互动情况缺乏系统性的度量。后续研究可尝试引入学习过程数据（如发言次数、资料整合质量、反思日志等），构建多维度评价

模型，以提高评估的客观性和敏感性。最后，课程推广的普适性仍需验证。不同地区医学院校在学生基础、师资配置及教学条件方面差异显著，因此需在推广过程中进行本土化调整。通过跨校协同研究与经验共享，可逐步形成适应我国新医科教育体系的PBL教学标准框架。

5　结论与展望

本研究以 CKM 理念为引领，构建了生物化学与分子生物学课程的 PBL 融合教学模式，实现了从基础学习到临床思维培养的有效转化。在以临床问题为导向的教学框架下，《生物化学与分子生物学》课程从传统的知识性基础课程，转变为支撑疾病机制理解与临床决策思维构建的重要认知工具。这一转变有效缓解了学生对基础课程抽象性和割裂感的认知困难，整体提升了学生的学习投入度和理解深度。通过对生物化学核心概念和分子机制的系统掌握，学生不仅能够更准确地理解临床现象及其内在逻辑，还能逐步形成从疾病早期风险识别和机制干预出发的整体健康观，凸显了基础医学在一级预防和全周期健康管理中的基础性支撑作用。通过以病例为载体的情境化教学，学生能够在理解分子机制的过程中形成系统化、证据驱动的临床问题分析能力，为新医科背景下基础—临床贯通的人才培养提供可操作的路径。CKM 导向的 PBL 模式不仅是一项课程改革，更体现了医学教育从“知识传授”向“能力生成”的范式转变。该模式通过将代谢网络、器官互作与疾病管理纳入统一教学框架，促进学生建立跨学科整合思维，并为未来临床决策与科研创新奠定基础。随着虚拟仿真、人工智能等技术的发展，其教学潜力有望进一步释放，实现更加精准化、个性化的学习支持。

尽管本研究仍受到师资、资源与评价体系等方面的限制，但其实践结果表明，基于 CKM 理念的 PBL 融合教学改革具有良好的推广价值。未来可通过完善病例库、优化分层教学与评价体系，构建教学、科研、临床一体化的协同育人模式，推动其在更大范围内落地与深化。总体而言，基于 CKM 理念的 PBL 教学改革，为我国新医科人才培养提供了可借鉴的教育范式。其持续优化与推广，将有助于培养具有系统思维、临床洞察与创新能力的医学人才，对医学教育体系的转型升级具有重要启示意义。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　吴依婷：论文构思及撰写、图表绘制、论文修改；钟林杉、丁琳：材料整理、统计分析；傅珅：项目设计、教学策划；姜绮霞：方案优化、研究指导、审订论文

参考文献

[1] 钮晓音，郭晓奎. “新医科”背景下的医学教育改革与人才培养[J]. 中国高等医学教育，2021(5)：1-2. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2021.05.001.

[2] 靳祎，王怀颖，邸科前，等. 新医科视域下临床医学专业生物化学与分子生物学课程的学科融合式教学改革[J]. 医学研究与教育，2025，42(3)：63-73. DOI: 10.3969/j.issn.1674-490X.2025.03.009.

[3] Fulton TB, Collins S, van der Schaaf M, et al. Connecting biochemistry knowledge to patient care in the clinical workplace: senior medical students' perceptions about facilitators and barriers [J]. Teach Learn Med, 2023, 35(4): 398-410. DOI: 10.1080/10401334.2022.2084400.

[4] Harden RM. Outcome-based education: the future is today [J]. Med Teach, 2007, 29(7): 625-629. DOI: 10.1080/01421590701729930.

[5] 国家心血管病中心，中国心血管健康与疾病报告编写组，胡盛寿. 中国心血管健康与疾病报告2023概要[J]. 中国循环杂志，2024，39(7)：625-660. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2024.07.001.

[6] 魏成，王梦龙，徐瑶，等. 1990—2019年中国人群2型糖尿病疾病负担及其危险因素分析[J]. 中国循证心血管医学杂志，2023，15(6)：657-661，666. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2023.06.04.

[7] 秦芳，周恍，陈俊安，等. PBL案例库在循环系统整合教学中的应用研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2024，23(11)：1519-1522. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240101-01889.

[8] Schmidt HG, Rotgans JI, Yew EHJ. The process of problem-based learning: what works and why [J]. Med Educ, 2011, 45(8): 792-806. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x.

[9] Dominguez I, Zumwalt AC. Integrating the basic sciences in medical curricula: focus on the basic scientists [J]. Adv Physiol Educ, 2020, 44(2): 119-123. DOI: 10.1152/advan.00172.2019.

[10] 朱红，马丽娜，钱玉英. 美国戴维·格芬医学院医学整合课程和PBL教学对我国老年医学临床教育的启示[J]. 中华全科医学，2018，16(5)：838-841. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.000229.

[11] 程彦斌，刘水，王渊，等. 国家卫生健康委“十三五”规划临床医学专业第二轮器官-系统整合教材建设思路[J]. 医学教育研究与实践，2019，27(3)：361-365. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2019.03.001.

[12] Brauer DG, Ferguson KJ. The integrated curriculum in medical education: AMEE Guide No. 96 [J]. Med Teach, 2015, 37(4): 312-322. DOI: 10.3109/0142159X.2014.970998.

[13] Afshar M, Han Z. Teaching and learning medical biochemistry: perspectives from a student and an educator [J]. Med Sci Educ, 2014, 24(3): 339-341. DOI: 10.1007/s40670-014-0004-7.

[14] 江汕，周易，郑维扬，等. 基于课程融通整合的在线PBL教学设计与应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2020，19(6)：658-662. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200515-00148.

[15] 王艳霞，胡优敏，倪雯雯，等. 基于国家级虚拟仿真一流课程的实验PBL教学模式构建与实践[J]. 中华医学教育探索杂志，2025，24(3)：325-330. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230620-01860.

（收稿日期：2025-10-23）
（本文编辑：邬小梅）