

DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2025.05.005

· 教育教学 ·

疾病表型-分子机制双轴融合的智慧教学体系构建

郑君芳 陈子钰 王雯*

(首都医科大学基础医学院,北京 100069)

【摘要】“新医科”教育改革背景下,跨学科临床思维能力培养成为卓越医学人才培养的关键维度。当前医学整合教学研究多关注课程模块的机械组合,对如何通过知识重构实现学科深层关联、如何运用智能技术促进临床认知转化等核心问题的探索尚有不足。本研究以系统医学理论为指导框架,从知识图谱构建、案例驱动学习与实验验证链设计三个维度,构建“疾病表型-分子机制”双轴联动的病理生理学与生物化学融合教学模式。通过建立“分子-功能-系统”三级整合模型,开发临床案例与虚拟仿真实验的动态匹配机制,并结合典型教学案例,阐释如何借助人工智能(artificial intelligence, AI)实现学生认知水平与案例复杂度的精准适配,随后设计基于实验验证链的认知训练路径,最终形成多模态交互式学习体系。本研究为揭示临床思维培养的认知转化机制提供了新视角,并为推进医学整合课程改革、提升医学生系统医学素养提供实践范式。

【关键词】 跨学科整合; 分子机制; 疾病表型; AI辅助教学; 智慧医学教育

【中图分类号】 R3; G642

【文献标识码】 A

Construction of intelligent teaching system with biaxial fusion of disease phenotype and molecular mechanism

Zheng Junfang, Chen Ziyu, Wang Wen*

(School of Basic Medicine, Capital Medical University, Beijing 100069, China)

【Abstract】 Under the background of "new medical sciences" education reform, the cultivation of interdisciplinary clinical thinking ability has become a key dimension of the cultivation of outstanding medical talents. The current research on integrated medical teaching focuses on the mechanical combination of course modules, but the core issues how to achieve in-depth interdisciplinary connections through knowledge reconstruction and how to use intelligent technology to promote clinical cognitive transformation are not explored enough. This study, guided by the theory of systems medicine, constructs an integrated teaching model of pathophysiology and biochemistry with the dual-axis linkage of "disease phenotype - molecular mechanism" from three dimensions: knowledge graph construction, case-driven learning, and experimental verification chain design. By establishing a three-level integration model of "molecule - function - system", a dynamic matching mechanism between clinical cases and virtual simulation experiments was developed. Combined with typical teaching cases, this study explains how to use artificial intelligence (AI) to achieve accurate matching between students' cognitive levels and case complexity, then designs a cognitive training path based on the experimental verification chain, and finally forms a multimodal interactive learning system. This study provides a new perspective to reveal the cognitive transformation mechanism of clinical thinking training, and provides a practical model for promoting the reform of medical integration curriculum and improving the systematic medical literacy of medical students.

【Keywords】 interdisciplinary integration; molecular mechanism; disease phenotype; AI-assisted teaching; intelligent medical education

基金项目 北京市高等教育学会2024年立项课题项目(MS2024197)

第一作者 郑君芳,博士,教授,研究方向:肿瘤进展机制及肿瘤标志物鉴定。Email:zhengjf@ccmu.edu.cn

***通信作者** 王雯,博士,教授,研究方向:代谢性疾病的病理生理。Email:wangwen@ccmu.edu.cn

互联互通的时代中,多学科交叉融合、相互渗透、相互启发、相互促进、相互提高,以跨学科合作推动科技创新是未来科技发展的必然趋势和强劲动力^[1]。在“新医科”教育改革背景下,医学人才培养的核心目标已从单一学科知识传授转向跨学科临床思维能力的系统性塑造,培养具有运用学科交叉知识能力解决前沿医学领域问题的拔尖创新人才。系统医学理论指出,疾病的本质是分子机制紊乱与器官功能异常的动态耦合^[2]。而传统分科教学模式难以突破学科壁垒,无法有效揭示微观分子网络与宏观病理表型之间的深层关联。生物化学聚焦生命活动的分子基础,致力于解析代谢调控、基因表达修饰等微观机制;病理生理学则从功能维度阐释疾病进程中信号转导异常、稳态失衡及多器官功能障碍的演化规律。二者的深度整合,能够构建“分子-功能-系统”三级认知框架,为理解疾病发生发展提供多维视角。然而,当前医学教育仍面临显著挑战:基础学科与临床知识呈现割裂状态,学生难以将分子机制的学习成果转化为临床决策能力,传统课程体系亦缺乏对代谢维度与功能维度协同作用的系统性训练。智慧教育技术的快速发展为此提供了创新路径:通过知识图谱实现多学科知识的结构化关联,借助虚拟仿真(virtual reality, VR)构建跨学科虚拟仿真实验,并依托人工智能(artificial intelligence, AI)算法优化学习路径的个性化适配。本研究以临床思维培养为导向,探索病理生理学与生物化学的跨学科融合教学模式,旨在通过智能技术赋能知识重构、认知转化与临床决策训练,为培养具备系统医学素养、能应对精准医学挑战的创新型医学人才提供理论与实践范式。

1 学科融合的必要性的必要性

在“新医科”教育改革背景下,医学教育亟需突破传统分科教学的局限,推动学科间深层次的知识整合。

1.1 知识的互补性

生物化学与病理生理学作为医学教育的两大支柱学科,分别从分子机制与疾病表型两个维度解析生命活动与疾病本质,具有显著的互补性。病理生理学是研究疾病本质,阐明疾病发生发展过程机体功能与代谢改变规律及其发生机制,为疾病的预防、诊断、治疗等提供坚实的基础^[3]。医学生物化学与分子生物学是通过研究生物大分子的结构与功能,代谢调控网络,以及遗传信息传递机制,系统揭示人体正常生命活动与疾病发生的分子基础^[4]。

1.2 弥补现有课程的不足

两学科构成了“生理基线”和“病理偏移”的认知闭环:生物化学为病理机制提供分子解释框架,病理生理学则为生化理论赋予临床导向价值,二者融合教学可突破传统学科壁垒。如在讲解糖尿病时,整合胰岛素信号通路的生化机制[磷脂酰肌醇 3-激酶/蛋白激酶 B 通路, phosphatidylinositol 3-kinase (PI3K)/protein kinase B (PKB) signaling pathway]与高血糖引发的渗透性利尿、酮症酸中毒等病理过程,使学生建立“分子异常-功能失调-临床表现”的完整逻辑链。这种互补式教学不仅强化知识迁移能力,更培养从微观机制推导宏观病症的临床思维,契合现代医学对疾病系统性认知的需求,弥补了学生单独学习课程的割裂感。

1.3 AI 辅助教学是当今趋势

AI 具有优化学习和预测的能力,适用于各类医学场景^[5]。AI 驱动的教育平台可以提供个性化反馈,识别需要改进的领域,并提供针对性的资源,帮助学生实现学习目标。目前国内外的一些知名学府如新加坡国立大学、牛津大学以及我国浙江大学等已经将 AI 辅助教学落地实施^[6]。

综上所述,跨学科融合不仅是理论需求,更需通过具体的教学策略实现知识重构与认知转化。本文将围绕融合学习的策略设计,系统阐述如何构建“分子-功能-系统”三级整合模型,并通过案例驱动与实验验证链强化临床思维训练。

2 融合学习的策略设计

在明确学科融合的必要性后,本研究以系统医学理论为框架^[2],从知识图谱构建、案例驱动学习与实验验证链设计3方面提出融合教学策略,旨在打通微观分子机制与宏观病理表型间的认知壁垒。

2.1 知识图谱构建

2.1.1 构建“分子-功能-系统”三级整合模型

三级整合模型的构建以系统医学理论为基础^[2],强调从微观分子机制到宏观系统功能的动态关联,通过跨学科的知识重构实现病理生理学与生物化学的深度整合。①进行“分子-功能”交叉标注:选取两个学科的核心交叉点,采用 Cytoscape 软件构建“代谢-疾病”交互网络^[7],利用 Neo4j 图数据库实现因果关系可视化,如生物化学的氧化磷酸化障碍与病理生理学的多器官衰竭之间的联系,根据线粒体电子传递链复合物缺陷(如复合物 I 突变)的分子机制,可以联系到三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)合成减少导致的细胞水肿与器官功能失代偿^[8];②进行疾病功能标签建设:将1个疾病分为3个维度分别建立标签,即分子标签、代谢标签、系统标签,以讨论代谢紊乱如何驱动多器官衰竭为例:关键分子标签设置为线粒体功能障碍,代谢标签为活性氧(reactive oxygen species, ROS)生成,系统标签则为微循环障碍,通过标签关联微观本质与宏观表现,实现教学的系统性、全面性。

2.1.2 开发动态知识图谱

利用人工智能技术实现知识网络的动态更新与智能推理:①用自然语言处理技术(natural language processing, NLP)进行教材中隐含的跨学科关联,如采用 BERT 模型识别钠钾泵($\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$)在脑水肿与心力衰竭中的双重作用;②利用 PC 算法从临床数据中推导出代谢通路异常和器官衰竭的潜在因果链条^[9],如通过对肝癌患者数据的统计与分析建立一种“以甲硫氨酸代谢紊乱,从而造成表观遗传修饰异常,

最终肿瘤转移”的预测模型;③利用 AI 辅助在 AI 驱动的教育平台可以提供个性化反馈,识别需要改进的领域,并提供针对性的资源,帮助学生实现学习目标^[6],同时,依托 VR 技术,构建病理生理学和生物化学相融合的沉浸式虚拟实验室^[10],可通过分子级动态建模,实时模拟细胞微环境,使多层级的交互实验的可视化成为可能。

2.2 利用案例驱动学习

案例驱动学习指通过案例教学法(case-based learning, CBL),即真实临床情境的深度解析,促进学生将分子机制与疾病表型动态关联,是跨学科整合教学的核心策略。首先是病例的筛选。病例筛选遵循着三大原则,即“代表性、复杂性、可拓展性”^[11],尤其是涉及融合课程的内容,更需要精挑细选出全面覆盖生物化学、病理生理学与临床医学的交叉知识点的病例,从而有效提升学生系统医学思维能力的培养效率。然后,教师尝试引导学生进行“生化机制的解析”“病理生理表型的推导”“治疗逻辑的反推”,将一个疾病在代谢稳态失衡的病理生理框架下,系统性地解构出疾病发生发展的分子网络调控图谱,然后进行反向治疗策略优化,进而形成从分子异常到宏观表型的全链条解析范式。这种教学范式创新不仅有效提升了学生的批判性临床思维和科研转化能力,更为精准医学时代下转化医学研究范式的革新提供了可复制的教育实践模型。最后,可以利用 AI 辅助构建自主 AI 病理生成器,还可以动态调控案例难度,根据学生的答题数据判断知识盲点,进行案例动态化推送,保证学生在课后的学习效果,避免了学生对于单一案例的片面化理解。当然,将 AI 纳入医学教育还涉及解决伦理和法律考虑,医学生必须了解 AI 算法的潜在偏见和局限性,并理解确保患者隐私和数据安全的重要性^[6]。

2.3 实验验证链设计

实验验证链是连接分子机制与疾病表型的关键桥梁,旨在通过递进式实验设计强化学生对跨学科知识的整合能力与临床转化思维。本研究主要对实验内容进行优化。在传统的生化实

验中,实验内容传统,标准品使用较多,更加注重实验结果,虽然可以得到整齐划一的实验结果,但是实验内容设计中并没有有效融入临床知识,学生并不知道这项实验技能在后续学习及临床中有何应用^[12],这也导致学生学习的积极性不高。所以本研究将传统的生化实验在原来的基础上进行了调整和优化,结合病理生理学相关知识,建立模块式教学体系,即“基础技能训练”“整合性实验设计”“创新验证挑战”。基础技能实验主要是通过标准化实验来夯实学生的学科基础技能;整合性实验要求学生结合课堂讲述的临床案例自主设计跨学科实验方案,培养知识迁移能力;创新验证挑战则是引入开放性的试验任务,如根据生化数据预测相关的功能代谢异常,同时鼓励学生利用智能工具进行解决方案的探索,提升其科研创新能力。

3 教学实施路径的设想

为验证上述融合教学策略的可行性,本研究对实施框架进行了以下设想,旨在为后续的试点研究提供清晰的行动蓝图。该框架涵盖课程组织、协作模式和评价体系3个核心环节。

3.1 课程进行线上和线下内容设计

采用“课前-课中-课后”三段式线上线下混合教学模式。预期通过以下设计,促进知识的跨学科整合。

课前教师上传课程导学、讲义课件、练习题库及优质网络学习资源链接^[13],再根据教学目标,分组发布学习任务。需要注意的是,为了更好地让学生进行线下课堂交流学习,任务发布应分开设置,比如一组学生进行该案例的病理生理学相关学习,同时,另一组进行生物化学相关学习,然后学生通过资源链接以及其他精品资源共享课程,可以完成在线学习。课中第一课堂以探究性学习为主,一般以“分析案例+问题”形式导入^[14],首先,教师对学习平台中预设的学习任务给予答疑解惑,然后让学生进行分组研讨,可以让课前线上学习的学生进行交流讨论,最终由教

师对讨论结果予以点评和指导,并重点讲解两学科的交叉点,引导学生如何从一门学科联系思考到另一学科。课后环节采用线上线下相结合的模式:首先,教师通过分发补充学习资源或布置延伸性实践任务来深化教学内容;之后,学生需完成线上测验与作业任务,积极参与主题讨论及在线答疑,并通过自我评估、同伴互评等方式进行学习诊断,同时撰写学习反思日志并在平台共享;最后,教师同步开展学习效果评估与教学策略反思,实现教与学的双向优化^[14]。

3.2 以小组作业形式进行融合教学思考延伸的设想

小组作业是深化跨学科融合教学的重要载体。通过任务驱动的协作学习,学生能够突破个体认知局限,在集体智慧碰撞中实现知识重构与思维拓展。将学生分成若干学习小组(5~8人/组),选出小组长。教师要求组长督促每一名组员在线上学习过程中一学期至少提问1~2次,问题发布于教师答疑版块或微信群,教师或学生均可讨论回复^[13]。小组成员需要分工完成对任务的分子机制解析、临床案例匹配及治疗方案优化等环节,最终形成系统性研究报告。同时,鼓励学生在不同任务模块中切换视角,强化对生物化学与病理生理学交叉点的多维理解,旨在提高学生独立思考能力、自主学习水平,同时锻炼其自主解决问题的能力^[14]。教师还可通过AI学习平台实时监测小组讨论动态,利用自然语言处理技术提取关键词,识别讨论中的知识盲区或逻辑断层,并推送针对性学习资源以引导深度探究,以期待实现个体化的干预和引导。

3.3 构建多元化考核评估体系的设想

为全面评估跨学科融合教学效果,需构建“过程-能力-创新”三位一体的数智化评价体系,计划具体包括过程性评价、能力评价和创新性评价,即构建数智综合评价体系:借助国家数智信息技术支撑平台,对“课前-课中-课后”进行多元化评价,实时反馈整个教学过程,目标是全面客观评估学生临床思维能力及创新实践能力,获得“前瞻性”的形成性评价^[15]。过程性评价

计划采集学生课前预习时长、课堂互动频次、在线测验成绩等数据来判断;能力评价计划由理论课和实验课的思维能力和动手能力以及书写报告的质量来判断;创新评价则计划开设答辩环节,鼓励学生基于跨学科知识提出原创性研究假设或诊疗方案,由教师与AI评审系统共同评分,确保客观性与专业性,评价标准包括科学逻辑性、技术可行性及临床转化价值。

4 结 语

本研究基于系统医学理论框架,构建了“疾病表型-分子机制”双轴融合的智慧教学体系,通过知识图谱构建、案例驱动学习、实验验证链设计,实现了病理生理学与生物化学的深度跨学科整合。研究创新性地提出“分子-功能-系统”三级认知框架与动态知识匹配机制,借助智能算法优化学习路径适配,有效解决了传统医学教育中学科割裂、临床思维转化不足的痛点。然而,作为一项方法学设计研究,其有效性尚需通过严格的教学实践予以验证。因此后续研究将重点开展以下工作:首先,依托校内的科研资源建立模块化研究单元,升级实验设备智能化水平,构建虚实结合的实践教学与科研创新平台,同时建立动态资源引进机制,实时对接国内外前沿技术发展。其次,计划选择首都医科大学临床医学专业班级作为试点,开展为期一学期的教学实践。采用准实验研究设计,按照上述设想的框架实施,以客观评估本模式对学生成绩、临床思维能力和学习投入度的提升效果。最后,可实施重点领域联合攻关,形成知识共享、资源互通的协同创新机制,最终构建起多层次、立体化的学科融合发展生态系统^[16],从而完善智能教育生态,推动医学教育从知识传授向系统思维培养的范式转型,为应对全球健康挑战提供人才保障与智力支持。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明 郑君芳:研究构思与设计,论文撰写;陈子钰:论文初稿撰写;王雯:研究构思与设计,论文修改。

参考文献

- [1] 霍莹,袁园,王莹. 跨学科合作视角下高校医学科研创新与发展的探讨[J]. 中国高校科技, 2020(6): 8-11.
- [2] Barabási A L, Gulbahce N, Loscalzo J. Network medicine: a network-based approach to human disease[J]. Nat Rev Genet, 2011, 12(1): 56-68.
- [3] 雷俊霞,吴忠道,傅娟,等. 生成式人工智能技术在病理生理学教学中应用的思考[J]. 基础医学教育, 2024, 26(8): 689-692.
- [4] 史金铭,滕春波,隋广超,等. 生物化学与分子生物学本研教学一体化探索与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(2): 780-789.
- [5] 袁天蔚,薛淮,杨靖,等. 从战略规划与科技布局看国内外人工智能医学应用的发展现状[J]. 生命科学, 2022, 34(8): 974-982.
- [6] 李新民,卢蕴容. 人工智能赋能医学教育[J]. 中国高等医学教育, 2024(9): 1-3.
- [7] Shannon P, Markiel A, Ozier O, et al. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks [J]. Genome Res, 2003, 13(11): 2498-2504.
- [8] Nunnari J, Suomalainen A. Mitochondria: in sickness and in health [J]. Cell, 2012, 148(6): 1145-1159.
- [9] Glymour C, Zhang K, Spirtes P. Review of causal discovery methods based on graphical models [J]. Front Genet, 2019, 10: 524.
- [10] 陈晨,张文利,王岳,等. 基于云化虚拟现实技术的医学教育元宇宙构建研究[J]. 中国医学装备, 2025, 22(1): 138-142.
- [11] Thistlethwaite J E, Davies D, Ekeocha S, et al. The effectiveness of case-based learning in health professional education. a BEME systematic review: BEME guide no. 23 [J]. Med Teach, 2012, 34(6): e421-e444.
- [12] 王航,李董,王利凤,等. 以临床实践能力培养为导向的生物化学实验教学改革[J]. 生命的化学, 2025, 45(1): 160-164.
- [13] 王莹,丁越,兰金帅,等. 分析化学线上线下混合式教学模式初探[J]. 药学教育, 2023, 39(1): 59-63.
- [14] 朱栋. 新医科背景下中药学专业分析化学课程交叉融合多学科教学改革[J]. 医学教育管理,

2024, 10 (4): 406-411.

- [15] 曾亮,何晓瑾,王泉荃,等. 人工智能赋能医学影像学线上线下混合教学模式的实践研究[J]. 中国临床研究, 2025, 38(5): 700-705.
- [16] 易魁,朱健菲,李懿. 教学学术视角下研究生多学科交叉融合学科建设路径研究[J]. 黑龙江科学, 2022, 13 (5): 34-37.

(收稿日期:2025-02-26,修回日期:2025-05-16)

(本文编辑:闫红)

开放获取 本文使用遵循知识共享署名-非商业性-禁止演绎4.0协议(CC BY-NC-ND 4.0), 详细信息请访问 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>。

OPEN ACCESS This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Deed (CC BY-NC-ND 4.0). For more information, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.