

新医学时代发育生物学多元混合教学模式探索与实践

周恒达 许诗淇 徐素宏*

(浙江大学基础医学院, 杭州 310058)

摘要 发育生物学作为生物学与医学的重要交叉学科, 研究多细胞生物体从受精卵到个体的分子与细胞调控机制。面对传统教学模式与现代医学教育需求的矛盾, 浙江大学基础医学院在遗传与发育(II)(发育生物学)课程中实施系统性教学改革, 旨在培养拔尖创新医学人才。改革从课程内容、教学方式与考核体系三方面推进: 在内容上构建“基础—拓展—前沿”三级体系, 融合最新科研进展与典型疾病案例, 强化课程的前沿性与医学关联度; 在方法上引入“四元教学”模式, 围绕真实临床问题开展小组合作和微型科研项目, 培养学生批判性思维、科研素养与团队协作能力; 在考核上推行过程性、多元化评价, 全面反映学生的学习成效与综合素质。反馈表明, 该改革显著提升了学生的学习兴趣、主动性和系统分析能力, 实现了生物学知识与医学教育目标的深度融合, 为高水平医学人才的培养提供了可推广的实践范式。

关键词 发育生物学; 教学改革; PBL(问题导向学习); 临床案例研究型学习; 医学教育; 人才培养

The Exploration and Practice of a Diversified and Integrated Teaching Model in Developmental Biology in the New Medicine Era

ZHOU Hengda, XU Shiqi, XU Suhong*

(School of Basic Medical Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract Developmental Biology, as a key interdisciplinary field bridging fundamental biology and medicine, investigates the molecular and cellular regulatory mechanisms underlying the progression of multicellular organisms from a fertilized egg to a fully formed individual. To address the mismatch between traditional teaching models and the evolving needs of medical education, the School of Basic Medical Sciences at Zhejiang University has implemented comprehensive teaching reform in the course Genetics and Development (II) (Developmental Biology), aiming to cultivate outstanding and innovative medical talents. The reform advances along three major dimensions: course content, teaching approaches, and assessment system. In terms of content, a three-tier framework (“Fundamentals-Advanced Topics-Frontiers”) has been established, integrating the latest scientific progress with representative disease cases to reinforce the course’s cutting-edge nature and its relevance to medicine. Methodologically, a “four-elements” teaching model has been introduced, engaging students in group-based collaboration and micro-research projects centered on real clinical problems, thereby fostering critical thinking, research literacy, and teamwork skills. In assessment, a process-oriented, diversified evaluation system has been implemented to com-

收稿日期: 2025-08-07

接受日期: 2025-10-29

科技部重点研发计划(批准号: 2021YFA1101002)资助的课题

*通信作者。Tel: 0571-88981770, E-mail: shxu@zju.edu.cn

Received: August 7, 2025

Accepted: October 29, 2025

This work was supported by the Key Research and Development Program of the Ministry of Science and Technology (Grant No.2021YFA1101002)

*Corresponding author. Tel: +86-571-88981770, E-mail: shxu@zju.edu.cn

prehensively reflect students' learning outcomes and overall competencies. Feedback indicates that this reform has markedly enhanced students' interest, initiative, and systemic analytical ability, achieving deep integration between fundamental biological knowledge and the objectives of medical education. It thus provides a replicable model for cultivating high-level medical professionals.

Keywords Developmental Biology; teaching reform; PBL (problem-based learning); clinical case-based research learning; medical education; talent cultivation

发育生物学是连接生命科学与医学的重要桥梁,其研究方向为多细胞生物从受精卵发育为个体的分子与细胞调控机制,具体涵盖细胞命运决定、器官发生及形态建成等关键过程。它不仅揭示了个体生命构建的分子基础,也为理解组织再生、肿瘤异质性、神经退行、肌肉萎缩和多脏器疾病等复杂疾病提供了理论支撑,是遗传学、细胞生物学、分子生物学和再生医学等学科的重要交汇点^[1]。随着医学教育改革的深入,发育生物学已逐渐成为医学人才培养体系中的核心环节^[2-3]。浙江大学基础医学院开设的遗传与发育(II)课程,系统讲授发育生物学从分子到个体的多层次调控机制,帮助学生构建“从基因到表型”的整体思维框架,为后续的临床学习与科研训练奠定基础。

1 传统教学困境与教改需求

1.1 传统教学模式的挑战与局限

尽管发育生物学的重要性日益凸显,但其传统教学模式仍面临诸多挑战。一是知识更新滞后,前沿技术如基因编辑、类器官构建等未及时纳入教学内容,与学科发展脱节。二是教学方式单一,课堂仍以教师讲授为主,学生缺乏参与感与思辨空间,难以激发学生学习的主动性与批判性思维。三是学科整合不足,相关课程内容呈割裂状态,难以实现基础知识与临床实践的系统性融合;知识点零散分散,不利于学生实践应用能力的养成。四是科研素养缺失,教学中缺乏数据分析、英文文献研读和科研表达等核心训练,不利于科研潜能的挖掘。这些问题制约了拔尖创新医学人才的培养目标,影响了学生科研探索及高层次医学实践能力的提升。

1.2 高等教育改革的时代需求

《深化新时代教育评价改革总体方案》(2020)提出要破除“五唯”,提升学生综合素质与核心竞争力^[4]。医学教育改革也强调基础与临床、教学与科研的深度融合^[5]。在此背景下,发育生物学课程亟需

重构内容与教学范式,推动教学重心从“知识传授”向“能力建构”转变。

以浙江大学基础医学院遗传与发育(II)课程(面向本科二年级)为例,本文系统分析其教学内容、方式与评价机制的改革实践,重点探讨如何通过PBL^[6]、研究型学习^[7]等手段提升医学生的综合能力,并提出可推广的医学教育新范式。

2 教学改革的探索与实践

为响应国家教育改革精神并契合新时代医学人才培养目标,遗传与发育(II)课程从“课程内容-教学模式-考核机制”三大维度开展系统改革,形成理论、实践与能力培养紧密结合的完整体系。

2.1 课程内容

课程内容按照“基础-拓展-前沿”三层次递进逻辑设计(图1),实现知识由理论到实践、由分子机制到临床应用的系统过渡。

2.1.1 基础层 聚焦细胞命运决定、干细胞更新与分化、胚层发生与图式形成、诱导与信号分泌、分子通路调控等核心机制,通过“基因-表型”链条和三维空间的时间线,梳理发育机制的基本逻辑,为后续拓展与前沿学习打下坚实理论基础。

2.1.2 拓展层 引入单细胞测序、CRISPR基因编辑、类器官构建等前沿技术,结合最新研究论文讨论,如模拟早期胚胎发育的类器官实验,结合肠道微生物调控等真实场景,拓展学生技术认知,培养科研敏感度。基础层的理论知识在拓展层得到应用和深化:学生在理解基本发育机制的前提下,通过阅读文献和案例分析掌握前沿技术在具体科研问题中的应用。

2.1.3 前沿层 围绕发育异常相关疾病,如先天性心脏病、肢体发育异常、神经发育异常和肌肉发育异常等典型临床病例,设计场景分析和教学案例。前沿学习建立在基础与拓展层知识之上,学生能够从分子机制出发,理解疾病发生发展的整体路径,实

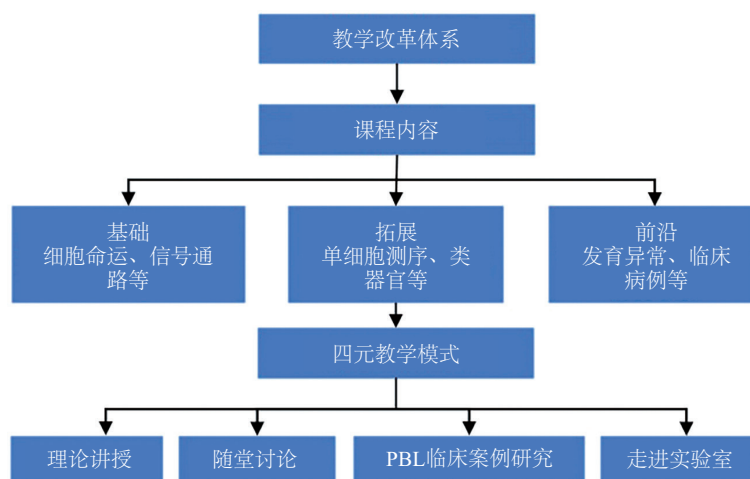


图1 教学改革体系

Fig.1 Teaching reform system

现从理论到临床的跨学科认知。

在跨学科融合方面,课程通过临床案例解析分子致病机制,梳理干细胞再生潜力,结合昆虫翅膀发育等进化案例讲解 *Hox* 基因和发育沙漏模型,并探讨营养、内分泌干扰物等环境因素对发育可塑性的影响。结构化案例库涵盖经典实验、临床病例、前沿研究及伦理争议,确保知识点与思维能力的同步训练。

2.2 四元教学模式

为培养学生主动探索与团队协作能力,课程采用四元教学模式,基于知识层次与学习目标实施分类教学,总计64课时(图2)。

2.2.1 理论讲授 四元教学模式主要用于基础层知识的系统传授,涵盖“胚胎发育基本过程”、“干细胞与细胞命运决定”、“信号通路和图式建成”等核心概念,并涉及“环境与发育”、“进化与发育”等跨学科话题,为后续讨论和科研实践奠定理论基础。

2.2.2 随堂讨论 对应拓展层知识,教师精心设计启发性问题引导学生即时应用所学理论。例如,讲授神经环路发育后,提出“神经在发育过程中如何实现精确连接?”这一问题。学生需利用课堂知识完成论证并分享观点,教师通过追问式引导帮助学生深化认知。这种动态教学场景不仅促使学生在即时应用中巩固知识网络,更通过真实科研情境的模拟激发学生探究欲望。讨论课模拟科研情境,可激发学生跨学科思考,提升批判性思维。

2.2.3 PBL(疾病问题导向式研究型学习) 适用于拓展层与前沿层知识。班级人数总共为27人,分为

三个小组,每组选举产生组长和记录员。组长负责组织讨论,记录员则负责记录每个人讨论发言的内容及后续分工。教学流程设计为:(1)首次课堂,聚焦案例场景分析,学生自主提出关键科学问题并进行层级拆解,通过头脑风暴探讨潜在解决方案,经集体讨论凝练核心问题并分配研究任务;(2)课后自学,学生依托文献检索、教材研读及多源资料分析完成分工任务;(3)二次课堂,以问题回顾为起点,通过组内成果分享与辩论达成共识,最终形成15 min项目汇报。汇报内容涵盖案例解析框架、核心科学问题界定、多维度论证路径、关键科学发现及系统性总结。

发育生物学的PBL实现”问题驱动-自主探究-协作验证”闭环设计,知识从抽象概念到具象认知,系统培养发育思维与临床问题的基本科研素养,同时通过角色分工和成果整合,提升团队协作能力与学术表达能力。总计12学时,成果展示形式多样(课题板书、PPT展示和海报展示等),教师提供案例与讨论的引导,并不参与各个小组之间的讨论。教学实践表明,PBL提升了学生的主动参与力度,帮助他们形成了批判性思维和深度思考能力。

2.2.4 走进实验室 前沿层知识通过实验室实践获得直观体验:学生进入线虫、果蝇、斑马鱼、小鼠和演化实验室,观察胚胎发育过程,开展CRISPR基因编辑技术验证实验等。实验室现场教学与理论内容紧密结合,如胚胎形成的理论知识在实验观察中得以验证,强化从分子机制到表型特征的整合分析能力。

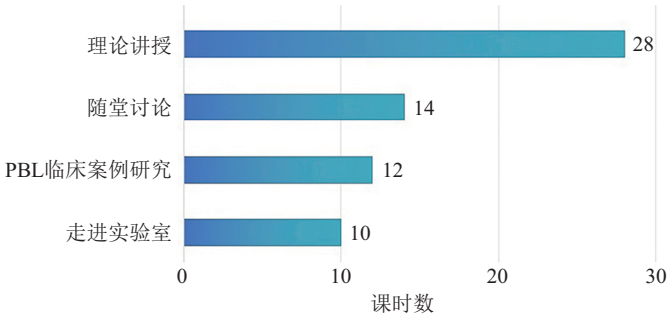


图2 四元教学模式课时数

Fig.2 Number of class hours in the four-elements teaching model

表1 “遗传与发育(II)”考核表
Table 1 “Genetics and Development (II)” assessment form

考核项目	占比	考察目标	考察内容
Evaluation items	Proportion	Assessment objectives	Assessment content
期末考试	40%	核心概念掌握	重点考查学生对发育生物学核心概念、分子机制和典型案例的掌握与迁移能力。题型为综合性实验题, 回答内容涵盖基础概念、综合分析、科学问题提出和实验设计
PBL研究写作	30%	科研设计与表达能力	以真实临床问题为导向进行小组式研究学习, 每个PBL项目包含“问题拆解-文献检索-多维论证-成果展示”全流程。考查维度包括: (1) 科学性(问题界定准确、分析逻辑清晰、结论合理); (2) 创新性(解决方案有独到见解, 能提出新假设或模型); (3) 学术表达能力(汇报表达规范、图表引用恰当)。成果形式多样, 例如白板板书、项目汇报PPT或海报, 由教师与学生互评打分
课堂表现	30%	团队协作与思维深度	采用过程性与即时性评价相结合, 内容涵盖: (1) 课上围绕启发性问题的发言质量、逻辑性与批判性; (2) 课后研读文献、分析案例与提交心得; (3) 课堂展示、辩论及汇报时的沟通与回应能力; (4) 小组合作中任务完成度、资料整合与角色履行情况。课堂表现由当堂任课老师根据PBL汇报情况进行打分

同时, 微科研项目“*Hox*基因跨物种比较”模拟完整科研流程, 学生可参与前沿讲座与真实科研项目, 提升科研能力。案例教学围绕胚层形成等理论展开, 设置开放性问题促进课堂辩论, 增强学生上课兴趣, 提升逻辑思维与科学推理能力。同时, 鼓励教研组教师将自身研究内容转化为教学资源, 系统训练学生的科研逻辑与问题解决能力。

2.3 多元评价体系

为科学反映学生在知识、能力与素养三方面的综合发展, 课程在设计考核体系时遵循“突出核心知识、重视能力培养、兼顾过程表现”的原则。结合国内外医学教育改革趋势与浙江大学历年教学反馈, 最终形成“期末考试(40%)+PBL研究写作(30%)+课堂表现(30%)”的评价权重(表1)。此权重既保证核心理论知识的考查(40%), 又强化学生科研素养、团队协作与学术表达能力(PBL和课堂表现共占60%), 这与课程“拔尖创新”目标相一致。改革后的评价体

系以“全过程、多维度、能力导向”为原则。

历年统计结果显示, 教改后学生期末考试综合应用题得分率提升约15%, PBL报告的创新性和规范性评分均值提升20%以上; 课程满意度问卷显示“非常满意”比例由改革前的48%提高至68%。这些数据为评价体系的合理性与有效性提供了有力支持, 也为其他高校医学课程改革提供了可借鉴的范式。

3 教学改革的成效与影响

目前, 遗传与发育(II)课程围绕“拔尖创新人才”理念, 有效提升了学生的知识综合运用能力、科研素养及跨学科分析能力, 为新时代医学人才培养提供了可推广的创新实践范式。

3.1 系统性知识建构: 从片段化到整合性

改革后课程知识结构系统化, 打破“章节割裂、学科孤立”弊端, 通过整合遗传学、细胞生物学和分

子生物学等多学科内容,帮助学生构建“个体发育”整体认知框架。例如,在*Hox*基因调控体轴模式建立的PBL任务中,学生需综合运用多学科知识完成信号通路到形态形成的认知建构,以有效促进知识的交叉与融合。期末考试综合应用题得分率较改革前提升约15%,印证了知识内化深化的成效。近三年100%学生参与暑期科研训练,同时约30%的学生加入发育生物学实验室,参与有关干细胞、类器官等前沿研究课题,为科研奠定了坚实基础。

3.2 科研与思辨能力双提升

基于PBL真实问题设计,学生在面对复杂生物学现象时能主动构建逻辑框架并运用跨学科知识推演解决方案,为临床与科研工作奠定能力基础。近三届共有10余位学生的科研计划获校级创新项目立项(Student Research Training Project, SRTP, 浙江大学学生科研训练计划),体现出创新思维培育效应;课堂辩论赛中,多数学生能提出深度质疑,通过比较性阅读文献并论证不同观点,逐步形成学术批判精神;小组任务促使学生在分工合作中掌握团队协作软技能,公众表达能力获得广泛认可;英文文献检索与报告撰写训练则使超过60%的学生能规范完成图表制作与参考文献引用,为国际学术交流奠定基础。问卷调查显示,超85%的学生认为该课程显著提升了科研素养和批判性思维能力。

3.3 学习动力激发: 从“要我学”到“我要学”

教学改革将被动接受转为主动探索,学生课堂参与度与活跃度大幅提升,普遍反映课程“有挑战、有趣味、有成长”。课前线上预习、课中讨论、课后延展的任务设计促使学生制定学习计划,提升自我管理能力,许多学生课后主动查阅资料、撰写阅读心得,深度挖掘自身的科研兴趣点。通过深度参与问题讨论与科研模拟,学生对“生命构建”“疾病发生”等根本问题产生持续探索兴趣,驱动终身学习。课程满意度调查结果显示,学生总体满意率达到90%以上,其中对教学方法创新“非常满意”占比超过70%。

3.4 学生反馈与教学反思: 模式优势与不足

在课程问卷与访谈中,学生普遍评价“真实问题驱动、PBL案例分析”最具吸引力,认为其显著提升了跨学科整合能力和主动学习意识;部分学生提出“课程任务量大、时间紧”及“部分前沿案例难度偏高”等意见。教师团队基于反馈已在2024学年起优

化案例难度分层、增加任务支架并加强个别指导,形成了“持续迭代-反馈修正”的改进机制。最新的问卷表明学生的学习顺利度显著提升了30%,课程评价平均分由4.5分提升至4.7分。整体来看,该模式在提高综合能力、科研素养和学习动力方面优势突出,同时也在任务负荷管理、个性化支持上需进一步完善,这为后续深化改革提供了方向。

4 结论与展望

遗传与发育(II)课程的系统性改革,使学生在知识体系、核心能力与学习兴趣上取得显著进步。知识层面,学生逐步构建起“个体发育”的整体认知框架,多数学生反馈他们能清晰串联多学科知识点,并且部分学生已具备独立追踪并解读前沿文献的能力。能力维度,学生对于复杂问题分析与解决能力提升显著,部分学生主导完成科研提案并在校级创新项目中立项。团队协作与自我表达能力获得广泛认可,英文文献研读及学术规范写作能力达标率较高。学习体验方面,学生普遍形成主动探究习惯,课后自发拓展学习并记录相关心得体会,自主了解前沿科研成果与潜在难题。

未来,在巩固现有成果的基础上,课程将进一步迭代升级。如引入VR/AR技术,从而模拟胚胎发育过程,增强学生空间理解能力。同时,通过与临床医学中心合作,开设相关实践课程,建立“理论-实验-临床”联通路径;推动与国际顶尖高校课程对接,有助于提升学生的全球化视野。此外,面对新时代的信息化浪潮,我们将与学生共同探索人工智能在医学与生命科学领域的应用,引导学生正确使用AI工具,助力学生的学习与科研。通过不断迭代与完善,浙江大学基础医学院遗传与发育(II)课程将继续为新时代医学教育提供具有引领性和可推广性的实践样本。

参考文献(References)

- [1] GILBERT S F, BARRESI M J F. Developmental biology, 11th edition 2016 [M]. Oxford: Oxford University Press, 2017, 1430.
- [2] 张红卫. 发育生物学, 4版[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018, 978-7.
- [3] WEBER C F. Beyond the cell: using multiscalar topics to bring interdisciplinarity into undergraduate cellular biology courses [J]. CBE Life Sci Educ, 2016, 15(2): es1.
- [4] 孟照海. 教育强国建设中的学校评价改革: 国际经验与价值诉求[J]. 人民教育(MENG Z H. School evaluation reform in the

- construction of a powerful education nation: international experience and value aspirations [J]. People's Education), 2025, 10: 74-8.
- [5] MILLER K R. Finding the key-cell biology and science education [J]. Trends Cell Biol, 2010, 20(12): 691-4.
- [6] BODAGH N, BLOOMFIELD J, BIRCH P, et al. Problem-based learning: a review [J]. Br J Hosp Med, 2017, 78(11): C167-C170.
- [7] DUBINSKA-MAGIERA M, STEFANIK E, MIGOCKA-PATRZALEK M. Innovative approaches in developmental biology: integrating zebrafish as a model organism in education [J]. Zebrafish, 2025, 22(3): 107-16.