



# 新医科视域下“教-学-研一体化” 生理学混合式课程构建与实践研究\*

徐 佳\*\* 张俊芳 李丽萍 刘 昊 郭 蕾 徐淑君 陈晓薇

(宁波大学医学部基础医学院生理学与病理生理学系, 宁波 315211)

**摘要** 在新医科建设与教育数字化战略推动下, 医学教育对兼具扎实专业基础、科研素养与临床创新能力的复合型人才需求日益迫切。针对传统生理学课程中高阶思维训练不足、科研启蒙滞后及评价机制单一等问题, 本研究以成果导向教育理念(OBE)为引领, 以建构主义与探究式学习理论为支撑, 构建并实施了“教-学-研一体化”生理学线上线下混合式课程新模式。课程从四个维度系统推进改革: 线上升级微课、虚拟仿真实验等资源, 优化自主学习路径; 线下重构翻转课堂, 强化科研案例研讨与互动探究; 深度拓展科研指导, 通过大学生科研创新计划(Student Research and Innovation Program, SRIP)项目、学科竞赛搭建阶梯式科研训练体系; 改革多维评价机制, 融合过程性考核与科研素养评估。实践结果显示, 学生对生理学基础知识掌握度显著提升, 科研素养、职业素养培育成效及课程综合满意度均得到提升, 教师团队教研能力同步增强, 实现了“研教相长”。本研究证实了“教-学-研”深度融合在生理学课程中的有效性与推广价值, 为新医科背景下基础医学课程改革提供了可复制、可迁移的范式参考, 对系统性提升医学人才科研素养与创新能力具有重要实践意义。

**关键词** 新医科, 混合式教学, 生理学, 科研素养, 课程改革

中图分类号 G642.0, R33-4, G434

DOI: 10.3724/j.pibb.2025.0343

CSTR: 32369.14.pibb.20250343

在新医科建设纵深推进的时代语境下, 中国医学教育体系正经历结构性变革的关键转型期。《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》将新医科建设确立为国家战略<sup>[1]</sup>, 明确提出以“大健康”理念为引领, 通过医工理文多学科深度交叉融合, 构建复合型医学人才培养体系, 旨在培育兼具扎实科研基础与卓越临床创新能力的高层次医学人才。这一战略布局在政策层面形成多维支撑架构: 教育部《关于一流本科课程建设的实施意见》(教高〔2019〕8号)提出的“五类金课”建设标准, 特别是对线上线下混合式教学模式及虚拟仿真实验教学体系的创新要求, 为课程信息化重构提供政策依据<sup>[2]</sup>; 《关于加快医学教育创新发展的指导意见》(国办发〔2020〕34号)则以职业需求为导向, 明确构建研究型、复合型、应用型医学人才培养体系的核心目标<sup>[3]</sup>; 国家自然科学基金委员会试点实施国家自然科学基金青年学生基础研究项目(本科生), 配合高校科研实践学分制度改革、科研项目

管理机制优化及学术交流平台建设, 标志着科研训练前置化育人模式的深化; 国家药监局2025年发布的《优化全生命周期监管支持高端医疗器械创新发展有关举措》进一步强调, 医工融合与科研成果转化已成为驱动新质生产力发展的核心要素, 对医学教育范式革新提出迫切需求。多部委协同推进的政策体系, 系统性揭示了基础医学课程改革的必要性与紧迫性。《生理学》作为医学知识体系的核心基础课程, 其教学质量直接影响医学生后续专业课程学习成效与临床实践能力发展。面对新医科“全过程创新创业教育融入、跨学科复合型人才培养强化”的战略要求, 传统《生理学》课程在教学理念、知识架构、教学模式及评价体系等方面均需进一步提升与完善。基于此, 构建以科研创新能力与临床思维培养为导向的“教-学-研一体化”混合式

\* 宁波大学教学研究项目(JYXM2025159)资助。

\*\* 通讯联系人。

Tel: 0574-87609580, E-mail: xujia@nbu.edu.cn

收稿日期: 2025-07-19, 接受日期: 2025-09-19

课程体系,不仅是提升《生理学》教学效能的内在要求,更是顺应新医科教育范式转型、培育新时代医学人才的必然选择,具有重要的理论价值与实践意义。

## 1 生理学传统课堂教学存在的困境与改革需求

生理学(physiology)是研究机体及各组成部分正常功能活动规律的科学,是医学教育的重要基础学科,更是连接基础医学和临床医学的桥梁<sup>[4-5]</sup>。当前,其教学目标已从传统“三基”(基本知识、基本理论、基本技能)的传授方式,转向构建“基础夯实-自主学习-科学思维-职业素养”的多维育人体系,旨在培育兼具扎实专业基础与人文温度的医学创新人才。然而,传统《生理学》教学模式在适应新医科“教-学-研”协同发展要求时仍面临挑战:教学内容上,经典理论体系扎实,但对脑科学、基因编辑、智能医疗等前沿交叉领域的融合及更新速度有待加强,知识结构的复合性培养需持续推进;同时,专业知识点与生命观教育、科学伦理引导及职业价值观培育的有机融合路径尚需深化,以充分挖掘生理学史和临床案例的育人价值。教学方法上,仍以教师讲授为主,学时压缩限制了深度互动,教学效果多停留在初级认知层面,高阶思维培养不足;实验教学受限于伦理规范与资源条件,多以验证性实验为主,开放性设计较少,关键实验难以开展,影响学生思维参与度、创新能力和直观认知。学习成效上,学生应试化倾向导致核心知识掌握不牢(如生理机制),尤其在后续学习《病理学》《药理学》时,难以构建“生理-病理-药理”逻辑框架,知识迁移应用能力弱,多学科知识整合效率低;更深层原因在于知识传授与临床实践脱节,学生难以将原理转化为临床分析工具。科研衔接上,基础教学与科研训练割裂,本科生科研启蒙体系不完善,普遍缺乏完整科研项目经历和科学问题解决能力,导致研究生初期科研能力储备不足<sup>[6]</sup>。评价体系上,仍依赖期中和期末笔试,缺乏有效的过程性评价机制评估批判性思维、科研设计等高阶能力及文献研读、团队协作等素养,评价体系中课程思政的引导性也未充分体现。综上所述,传统生理学教学在内容前沿性、思政融合深度、教学模式革新、知识迁移能力培养、早期科研训练及多维评价体系构建等方面尚有提升空间,而推进“教-学-研一体化”的系统性教学改革,正是

以成果导向教育理念为引领,通过将科研素养培养深度融入基础教学,实现以研促教、以研促学的良性互动,优化课程建设的同时助力人才培养质量的全面提升。

## 2 “教-学-研一体化”混合式课程构建的核心理念

信息技术的持续迭代与线上线下混合式教学范式的蓬勃发展,为化解医学教育领域长期存在的理论实践割裂、知识传递与创新能力培育失衡等结构性矛盾,开辟了创新性解决路径。混合式学习(blended learning)的学术价值体现在其能够深度整合线上教育平台的资源丰度、学习灵活性与个性化支持特性,以及线下课堂的深度互动、协作探究与实践应用潜力,为《生理学》等医学核心课程的系统性重构与教学方法革新提供了理论与技术支撑<sup>[7-8]</sup>。在此背景下,“教-学-研一体化”理念深度嵌入混合式课程设计框架,旨在突破教学、学习与科研领域间的传统学术壁垒。该理念以成果导向教育(outcomes-based education, OBE)理论为根本指引<sup>[9]</sup>,聚焦临床医学专业学生知识体系构建、实践技能培养与科研素养提升的核心能力发展<sup>[10]</sup>;以建构主义学习理论、探究式学习理论<sup>[11]</sup>与研究性学习理论为学术支撑,这一理论逻辑与国际医学教育改革方向高度契合——如哈佛医学院强调“以器官系统为基础+问题导向”的融合教学,将临床实践贯穿前两年半的课程,俄亥俄州立大学医学院L.S.I课程则通过“纵向实践+早期临床接触”实现理论与实践的快速衔接,二者均体现“能力导向、实践前置”的核心思路<sup>[12-13]</sup>;本研究亦在此基础上,引导学生依托混合式教学环境,在既有知识架构基础上主动开展知识建构,培育研究者思维与实践能力,最终形成教学、学习、科研三要素深度融合、协同赋能、循环优化的闭环生态系统。

该模式的学术优势具体体现为三个维度。第一,教学维度,推动教师角色从知识传授者向学习设计者与科研引导者转换,理论教学创新采用混合式与翻转课堂模式,将精选科研案例、学科前沿、批判性思维训练、科研方法论及课程思政元素有机融入;实验教学构建“虚实结合”模式,利用虚拟仿真实验进行前置学习、技能训练与知识巩固,突破伦理限制,系统提升学生综合能力。第二,学习维度,以学习者主体性发展为核心,发挥混合式教学“课前线上知识建构-课中线下深度内化-课后线

上迁移应用”的动态优势，通过自主探究、项目式学习（project based learning, PBL）、文献深度研读与协作研究等多元化路径，同步促进核心知识掌握与科研基础素养养成。第三，科研维度，突破科研教育限于研究生阶段或独立课程的边界，将科研要素全程贯穿基础教学过程。通过设计简化科研项目、数据解析实践、虚拟仿真探究及科学问题解决等任务，开展科研思维启蒙与初步实践教学，实现知识理解、实践能力与科研素养的深度融合与协同发展。其核心价值在于构建了教学激发科研兴趣、学习夯实研究基础、科研反哺知识深化的学术共生体系，形成涵盖“理论教学（线上线下混合）-实验教学（简化科研+虚拟仿真）-实践竞赛（科研成果检验）”的完整链条，建立“教学激发兴趣-学习奠定基础-研究深化发展”的递进式培养机制。

本研究结合多元化评价体系，从以下3个层面展开：a. 系统剖析新医科背景下生理学教学面临的新挑战与现存困境；b. 构建以“教-学-研一体化”为目标的生理学混合式课程体系，涵盖教学目标重构、教学内容整合、教学方法创新及评价体系改

革；c. 通过教学实践验证与多维度效果评估（包括学习成效、能力发展、学习体验等数据分析），持续优化新医学生理学混合式课程的建设路径。本研究旨在为新医科基础课程改革提供理论参考，并为提升医学人才科研创新能力提供可复制的实践范例。

### 3 “教-学-研一体化” 生理学混合式课程建设的基本策略

为达成“知识传授-能力培养-价值引领”综合目标，破解传统教学痛点，本课程依托线上线下融合框架，以“教-学-研”三维联动为核心，构建深度融合新模式。课程目标突破传统局限，将科研素养培育与人文精神塑造纳入核心：要求学生扎实掌握生理学理论与功能机制，同时掌握科研方法、批判评价文献、设计基础实验方案，且贯穿人文关怀与职业道德，为混合式课程建设奠定目标导向。

课程实施遵循“以趣促学、以用促思、以研促深”策略（图1）。“教”的维度，依托智慧树平台构建“学-练-评-思”四步递进：“学”环节上线11个核心章节、52个知识模块微课，以科研情境

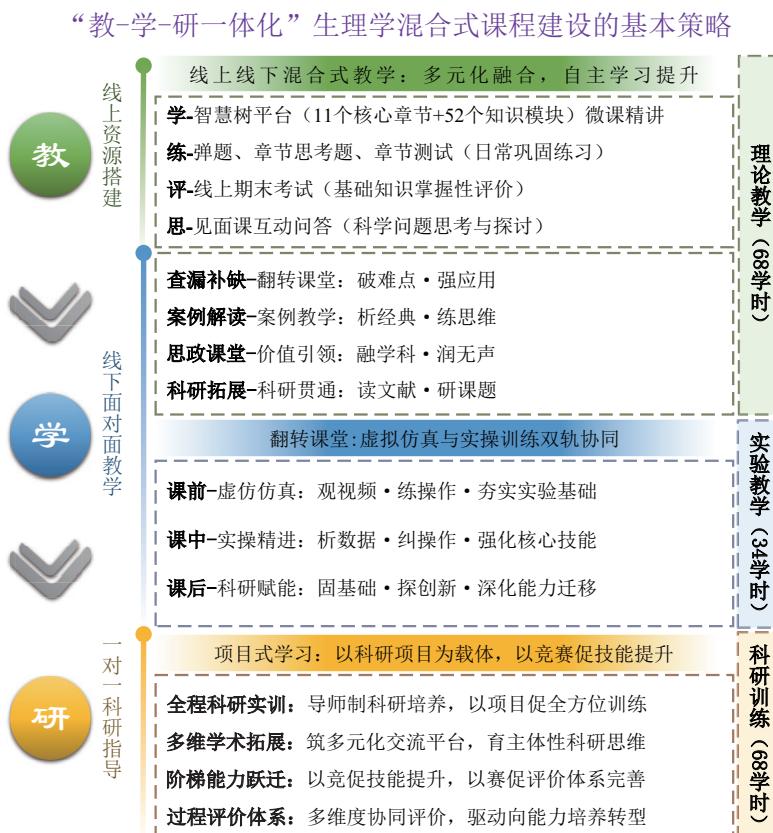


Fig. 1 Foundational strategies for the development of a blended physiology curriculum with integrated teaching, learning, and research

图1 “教-学-研一体化” 生理学混合式课程建设的基本策略

导入激兴趣;“练”环节通过弹题、章节思考题与测试巩固知识;“评”环节以线上期末考试夯实基础;“思”环节借见面课互动问答聚焦科学问题,培养批判性思维,实现线上教学从“知识传递”到“思维启蒙”的升级。“学”的维度,线下推行“查漏补缺-案例解读-思政课堂-科研拓展”四维联动:翻转课堂针对线上薄弱点“破难点·强应用”,弥补认知盲区;案例教学精选临床案例“析经典·练思维”,衔接理论与临床;思政课堂将人文关怀、职业道德“融学科·润无声”,呼应人文塑造目标;科研拓展由教师带领“读文献·研课题”,推动从“学”向“研”过渡。“研”的维度,构建实验-项目-竞赛“三位一体”科研实训体系:实验教学采用“虚拟仿真+实操”双轨模式,课前“虚”环节夯实基础,课中“实”环节强化技能,课后“研”环节以课题或竞赛实现能力迁移;全程实施导师制一对一指导,结合项目式学习、阶梯式竞赛达成能力跃迁,搭配学术拓展平台培育科研思维,让科研实训成为能力成长主线。通过该策略,课程平衡基础理论、实验技能与科研素养,让学生在“线上学思-线下深化-科研实践”循环中形成解决问题的科学家思维,贯通“教-学-研”全过程,为生理学一流课程建设奠定坚实基础。

### 3.1 线上资源搭建

依托智慧树平台(<https://coursehome.zhihuishu.com/>)构建的系统化共享课程体系,成为支撑《生理学》混合式教学改革的核心载体。该课程历经7学期的迭代优化,累计服务3 803名学生,产生超过4 700次学习互动,在长期实践中不断完善教学供给与学习体验。从教学内容架构来看,围绕“学”的核心需求,课程将生理学知识体系整合为11个核心章节,并进一步细化为52个知识模块,配套总时长近600 min的碎片化精讲微课。这种模块化、碎片化的内容设计,既契合混合式教学中自主学习的场景需求,又能帮助学生精准聚焦核心知识点,为后续的知识应用与能力提升奠定基础。在“练”的环节设计上,为实现核心知识点的巩固强化,每节微课均配套针对性思考题与弹题,实时检验学生的即时学习效果,同时,每个知识模块后设置章节测试,形成日常巩固练习闭环。此外,课程还设置覆盖全书知识点的线上期末考试,作为基础知识掌握性评价的关键环节,全方位保障学生对生理学基础理论的扎实掌握。“思”的能力培养是课程融入科研思维训练的重要体现。课程借助见面课

这一互动场景,围绕生理学重难点设计探究性问题(如“心室肌动作电位形成机制分析”“水中呼吸困难的生理学原理解释”),引导学生跳出被动接受知识的模式,开展批判性思考,同时,各章节同步嵌入互动问答环节,通过师生、生生间的深度交流深化知识理解,推动学生实现知识迁移与应用,逐步培养科研思维与问题解决能力。在“评”的机制创新上,课程突破传统单一评价模式,构建多维形成性评价体系,实现对学习过程与成效的动态跟踪。该评价体系具体由3部分构成:一是平时成绩(占比50%),细化为学习进度(40%)、学习习惯(40%)与互动表现(20%),全面考量学生的日常学习投入;二是章节测试(占比10%),强化对阶段性学习效果的监测;三是线上期末考试(占比40%),检验学生对知识体系的整体掌握程度。这种多元化的评价设计,不仅能更客观、全面地反映学生的学习状态,更能有效驱动学生优化学习策略,主动调整学习节奏,确保线上线下混合教学环节的高效衔接,保障“教-学-研一体化”教学目标的全程落实。

### 3.2 线下面对面教学

线下课程体系构建以“深化线上知识、转化实践能力”为奋斗目标,明确划分理论教学(68学时)与实验教学(34学时)两大模块,与线上教学资源形成“知识传递-深化理解-能力转化-创新应用”的完整闭环,既夯实学生对生理学知识的系统性掌握,又为科研素养与实践能力培养提供实体场景支撑。

#### 3.2.1 理论教学:多维度方法融合,实现知识深化与素养培育双重目标

理论教学以人民卫生出版社《生理学》(第10版)13章的核心内容为框架,采用翻转课堂教学模式重构“预习-授课-巩固”全流程,实施线上线下深度融合的教学策略。其核心逻辑在于以“翻转课堂”为抓手:课前依托线上平台推送知识点微课与预习任务,精准掌握学生知识薄弱点;课中基于预习数据针对性开展难点解析(如“心肌细胞跨膜电位形成机制”)与重点阐释(如“激素作用的信号传导通路”),避免传统课堂“单向灌输”的低效问题,实现“破难点·强应用”的教学目标。采用“案例教学”的能力训练路径,通过“析经典·练思维”助力科研素养培育。在《生理学》与辅修课程《基础医学科研训练》的教学中,一方面,精选生理学原理在前沿研究中的应用案例(如G蛋白

偶联受体结构解析与药物研发、离子通道功能异常与遗传性疾病机制等),组织科研案例研讨及文献批判性阅读交流,引导学生从“知识接收者”转变为“思维探究者”;另一方面,实施基于问题的PBL,以小组为单位围绕具体生理学问题(如“糖尿病患者胰岛素抵抗的细胞信号机制”)设计研究方案、梳理文献证据并完成成果答辩,逐步构建“提出问题-分析问题-解决问题”的系统化科研思维与方法论体系。值得注意的是,这种案例教学与PBL结合的模式,可与药理学(如“药物靶点与受体结合的构效关系分析”)、病理生理学(如“疾病状态下的代谢紊乱机制探究”)等基础医学课程形成方法论共鸣,为跨学科“教-学-研一体化”改革提供普适性参考范式。

课程建设的核心特色在于推进“思政课堂”与“学科特质化”融合,实现“融学科·润无声”的育人效果。并非刻意叠加思政元素,而是从生理学知识体系中挖掘内在育人内涵:在“细胞基本功能”章节,引入环磷腺苷(cAMP)第二信使系统、G蛋白偶联受体等相关诺贝尔奖发现历程,剖析科学家团队“十年磨一剑”的探索精神与严谨治学态度,呼应医学科研的核心素养要求;“呼吸系统”章节结合新型冠状病毒感染的病理机制(如肺泡通气-血流比例失调、肺损伤的炎症反应机制),引导学生从生理学视角理解临床诊疗逻辑,进而开展“医学生在公共卫生事件中的责任担当”“医学技术进步与伦理边界”的深度思辨;“尿的生成与排出”章节融入“田世国捐肾救母”的生命叙事案例,结合肾脏生理功能解析“生命互助”的医学原理,自然弘扬中华传统孝亲文化,厚植医学人文底蕴。为强化育人效果,各章节均设置课程思政实践专题,通过课外文献调研、课堂展示汇报、小组学术研讨及阅读报告撰写等多元化活动,让社会主义核心价值观以“浸润式”而非“说教式”融入教学。同时,精选附有专业导读的经典文献(如《自然》(Nature)、《科学》(Science)刊载的生理学里程碑研究)与前沿成果(如单细胞测序技术在神经生理学中的应用)作为课后拓展资源,依托文献研读、专题学术研讨等“科研拓展”为载体,让价值引领在“读文献·研课题”的科研训练中无痕渗透,避免思政内容与专业知识的割裂。此外,结合自主构建的科研案例库设计课堂互动练习(如“呼吸章节:从慢性阻塞性肺疾病患者的动脉血气分析报告单判断患者临床表现”“泌尿系统章节:从肾

小球滤过率下降角度讨论急性肾损伤患者的钠水潴留和高钾血症”),通过即时测试、小组抢答、教师点评的反馈机制,强化学生对知识的应用能力,确保理论教学与科研实践的紧密衔接。

### 3.2.2 实验教学:“虚实结合双轨制”,构建“翻转式”能力培养体系

实验教学(34学时)作为实践能力培养的核心载体,创新采用“翻转课堂+虚实结合双轨制”教学模式,依托泰盟虚拟仿真教学平台(<http://www.tmvmc.com/>)与实体实验室,形成“课前-课中-课后”的闭环训练体系<sup>[14]</sup>,实现“虚拟仿真与实操训练双轨协同”的目标。**a.课前**,虚拟仿真预习,夯实实验基础。遵循“翻转课堂”前置学习逻辑,课前引导学生登录虚拟仿真平台开展“观视频·练操作·夯实实验基础”的预习训练:通过平台推送的实验原理微课(如“家兔动脉血压调节实验的生理机制”)、虚拟操作演示视频(如“蛙心灌流装置的搭建步骤”),让学生提前掌握实验核心原理与操作流程;同时开放虚拟操作模块,允许学生反复模拟实验全过程(如“虚拟心肌细胞动作电位的记录与分析”“呼吸运动调节实验的参数设置”),针对操作失误(如仪器连接错误、试剂添加顺序偏差)实时获取系统反馈,提前规避实体实验中的常见问题。这种设计不仅突破时空限制(学生可利用碎片化时间学习),还能减少实体实验中的耗材损耗(如动物、试剂等),降低单一实体教学的实施成本。**b.课中**,实体实操精进,强化核心技能。课中聚焦“析数据·纠操作·强化核心技能”,在学生完成虚拟预习的基础上,开展实体实验教学:首先通过简短提问(如“动脉血压调节实验中,夹闭颈总动脉为何会导致血压升高?”)检验预习效果,针对薄弱点进行补充讲解;随后指导学生分组开展实体实验,教师巡回指导时重点关注操作规范性(如动脉插管的手法、生物信号采集系统的参数调试)、数据记录的准确性(如实验前后生理指标的差值计算),及时纠正不规范操作(如止血钳使用不当导致的出血、试剂剂量误差);实验结束后以小组为单位讨论实验结果,引导学生对比虚拟实验与实体实验的数据差异(如虚拟环境中“理想状态”与实体实验中“干扰因素”的影响),剖析误差来源(如动物个体差异、仪器灵敏度),培养“从数据到结论”的科学分析能力。**c.课后**,科研赋能拓展,深化能力迁移。课后以“固基础·探创新·深化能力迁移”为目标,构建“实验报告

规范-科研思维训练-创新能力培养”的递进式培养路径, 推动实验教学从“技能训练”向“科研实践”深度延伸, 助力本科阶段学生科研素质的系统性提升。课程以实验报告规范构建为核心抓手, 将实验报告撰写作为科研素养培育的基础载体, 强化实验教学与基础医学科研训练的衔接。明确实验报告需严格遵循“目的-方法-结果-分析-结论-参考文献(视需要)”的科研文章式结构, 重点从3方面强化规范性: 其一, 数据处理科学性, 要求学生对标科研数据管理规范, 在数据统计分析中强调根据样本特征选择 $t$ 检验或方差分析等统计学方法, 图表绘制需满足坐标轴标注、图例完整性、数据点准确性等科研发表级要求, 确保数据呈现的严谨性; 其二, 加强结果分析深度, 引导学生建立“理论-结果”关联思维, 如解析“肾上腺素对血压的双向影响”时, 需结合“ $\alpha$ 受体与 $\beta$ 受体作用机制”阐释实验现象, 同时针对异常数据(如个别动物血压波动异常)进行科学归因(如动物应激、仪器精度误差), 培养科研中“客观面对异常、理性分析原因”的思维习惯; 其三, 结论推导与讨论规范性, 要求结论严格基于实验数据, 杜绝“过度引申”或“结论与数据脱节”, 并在讨论部分参照科研文章标准加入“实验局限性分析”(如样本量、性别差异、环境变量控制等), 让学生从本科阶段理解科研报告“客观评估不足”的核心要求, 为后续科研实践奠定规范基础; 进一步地, 以实验课程内容为依托, 拓展基础医学科研训练内容的延伸实验设计(如“基于离体蛙心灌流实验设计‘电解质紊乱对心肌功能影响’的探究方案”), 引导学生从“完成实验”向“设计实验”转变, 深化科研思维与创新能力培养。

### 3.3 一对科研指导

以深度浸润式人才培养为核心, 构建“导师制小组科研”培养方式。具体而言, 在导师制小组科研设计上, 创新组建三人制本科生科研小组, 依托68学时的基础医学科研训练, 以“线上资源支撑+线下实体验证”实现全流程科研实训: 从基于文献计量分析的选题论证起步, 经历虚拟仿真实验的预演与优化, 再到实体实验室中的关键验证, 全程同步融入科研论文写作的专项指导。通过一对一的精细化辅导, 完整支撑学生完成从选题立意、课题设计、大学生科研创新计划(Student Research and Innovation Program, SRIP)项目申请、实验实施

到学术论文撰写的全周期科研流程, 让项目式学习与科研思维培养深度融合, 破解本科生科研“碎片化”难题; 其次, 构建“学术讲座-专题沙龙-经验分享”三位一体平台, 不仅邀请专家分享前沿进展与科研技巧、组织小组问题研讨、安排经典文献交流, 更引导学生将先进的实验技术方法和课题思路与在研课题相结合, 促进交流成果转化为实践能力, 打破科研小组的视野局限; 进一步, 打造“选题-开题-中期-结题”全周期评价体系, 从理论、操作、设计、汇报多维度考核, 同时将科研训练与校级、省级竞赛衔接, 以竞赛标准优化训练内容, 形成“基础训练→科研实践→多维评价→竞赛突破”的能力跃迁路径, 解决科研评价“重结果轻过程”问题。实现理论教学(案例模块提供选题支撑)、实验教学(虚实双轨制夯实操作基础)与科研指导(科研思维反哺学习深度)的无缝衔接, 让科研能力培养贯穿课程全程, 最终通过四方面设计(基础训练→科研实践→多维评价→竞赛突破)的有机融合, 实现学生科研素养从“基础认知”到“创新突破”的螺旋式提升。

### 3.4 教学评价体系改革

针对传统医学教育评价中存在的“重知识记忆、轻能力培养”“重结果评定、轻过程追踪”的不足, 本研究基于新医科人才核心能力框架, 构建了具有创新价值的“教-学-研一体化”教学评价体系, 实现从知识本位考核向科研能力导向培养的转变。该体系以“全流程追踪、多能力覆盖、多主体协同”为核心设计, 形成动态且系统的评估模式。在具体实施中, 通过“过程性评价+终结性评价”联动实现全流程监测: 过程性评价依托多源数据, 线上端从智慧树平台采集学生视频学习完成度、单元测试正确率等量化指标; 课堂端通过互动研讨频次、学术观点论证等方式评估研讨质量; 科研实践端结合SRIP结题报告与实验操作双维度标准开展评估; 终结性评价则以基础知识掌握度、核心理论应用、SRIP结题答辩为考核载体, 重点评估知识迁移与复杂问题解决能力。在评价主体上, “教师指导-学生自评-同伴互评”三元网络同步发力: 教师结合多维度数据定位薄弱点并提供建议, 学生通过结构化互评共享经验、自主反思; 还依托科研答辩系统评价学生“基础理解-深度分析-创新延伸”的能力提升, 形成“评价-反馈-改进”闭环, 推动学生科研思维系统化进阶, 为药理学、病理学等课

程建设提供可借鉴的实践范例。

## 4 混合式教学实践效果的多维评估

### 4.1 研究设计与数据基础

本研究以基础医学课程体系为依托，面向我校2021级、2022级和2023级临床医学、预防医学专业学生，开展为期三个学期的线上线下混合式教学实践，累计覆盖学生659人次。教学过程中，充分整合智慧树在线教学平台与成都泰盟虚拟仿真实验平台，构建辅助教学系统，为教学改革效果评估提供实践支撑。为科学、客观地评价教学改革成效，研究选取2019级临床医学专业（未实施教学改革）与2023级临床医学专业（实施第三轮教学改革，该阶段教师教学方法与能力已趋于成熟，可有效规避教改初期适应性不足及教学方法不完善等干扰因素）本科生作为研究对象。鉴于本研究采用小班化平行班教学模式（同年度同批次学生同步教改），各班级学生学习基础具有同质性，故采用随机抽样方法选取班级，从学习成绩、线上学习行为数据（包括平台登录频率、教学视频观看时长、在线测试成绩、讨论区参与度）及科研能力等多维度指标，开展数据对比分析。

### 4.2 知识掌握程度评价

在知识掌握程度的量化评估方面，本研究采用五级分数段划分法，将学生考试成绩划分为60分以下、60~69分、70~79分、80~89分及90分以上5个区间，通过统计各区间人数占比，对比教改实施前后的成绩分布差异（图2）。结果显示，教改前后学生成绩均呈正态分布，且教改后成绩分布特征呈现显著优化趋势：70~79分中等成绩区间占比从36.43%提升至45%，增幅8.57个百分点；60~69分区间占比提高4.24个百分点；90分以上高分段实现人数占比突破，仅80~89分区间占比变化较小。中等水平学生占比的显著提升，印证了线上预习引导、线下翻转课堂知识内化及课后科研拓展等环节对学习效能的促进作用；基础薄弱学生所在的60~69分区间占比上升，体现了过程性评价中“学习进度跟踪+互动辅导”对知识薄弱点的针对性补强；高分段的突破则反映中上等水平学生在科研实践（如SRIP项目）中形成的知识迁移能力，助力其实现成绩进阶。整体来看，改革不仅优化了中等成绩群体的学业表现，更对成绩两极学生产生辐射效应，形成全员知识掌握水平提升的良性态势。

为进一步验证成绩变化的科学性，本研究通过

试卷难度系数与区分度等指标分析课程目标达成度。数据显示，教改前试卷难度系数为0.25（对应平均分75分），教改后为0.24（对应平均分76分），二者均处于0.10~0.25的合理区间，且教改前后试卷区分度均大于0.7，达到优良标准。这表明试卷在知识点覆盖、难度设置及考生水平鉴别能力上保持稳定可靠，有效排除了试卷质量差异对成绩变化的干扰。在考核标准一致的前提下，学生平均分提升1分且成绩整体向高分段偏移，进一步证实改革推动学生对生理学基础知识的掌握实现了整体性提升，也印证了“教-学-研一体化”模式与课程目标的高度契合。

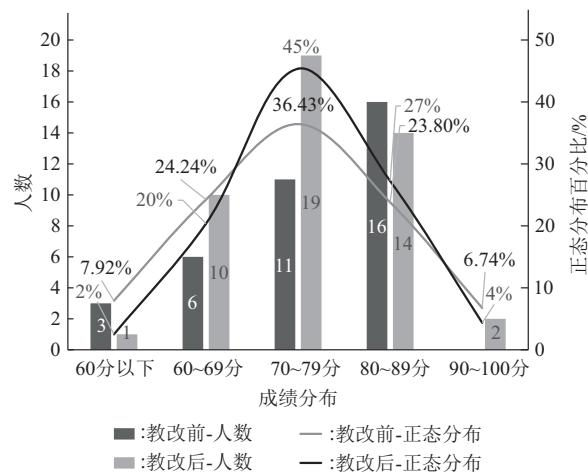


Fig. 2 Comparative analysis of final exam score

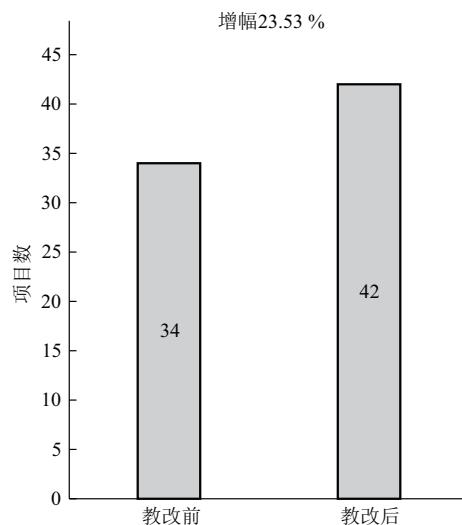
distributions: pre-reform vs. post-reform

图2 教改前后期末成绩分布对比分析

### 4.3 科研创新综合能力提升

教学改革的深层价值与国家教育政策导向高度契合，通过引入教育成果导向（如OBE）理念重构教学体系，在学生能力培养方面取得显著成效，这既响应了国家《教育强国建设规划纲要（2024—2035年）》中破除“唯绩点论”、着重培养学生核心素养的要求，也彰显了能力发展与综合素质提升的育人本质。基于量化评估视角，本研究选取SRIP项目立项数据与学科竞赛成绩作为核心观测指标。统计结果（图3）显示，实施教学改革后，基础医学SRIP项目年度资助数量由改革前的34项提升至42项，增幅达23.53%，验证了新型教学模式对学生科研能力培养的正向促进作用。在实践教学领域，“以赛促教、以赛促学”的创新培养模式展现出显著的育人效能。2024年教学改革实施后，校级基础医学技术大赛呈现规模与质量双提升

态势, 参赛学生人数同比增长67%, 指导教师数量实现翻倍, 竞赛成绩取得突破, 共斩获一等奖3项、二等奖5项、三等奖10项; 省级赛事层面, 参赛团队在全省大学生医学技术技能大赛中荣获1项金奖、2项铜奖的优异成绩; 同时, 本科生作为第一作者发表多篇高质量学术论文。据此可见, “教学-研一体化”培养模式有效促进了学生理论知识迁移、实验操作技能与科研创新能力的协同发展, 为医学人才培养质量提升提供了坚实实证依据。



**Fig. 3 Comparison of SRIP funding awards: pre- and post-educational reform**

图3 教改前后SRIP科研项目资助情况对比

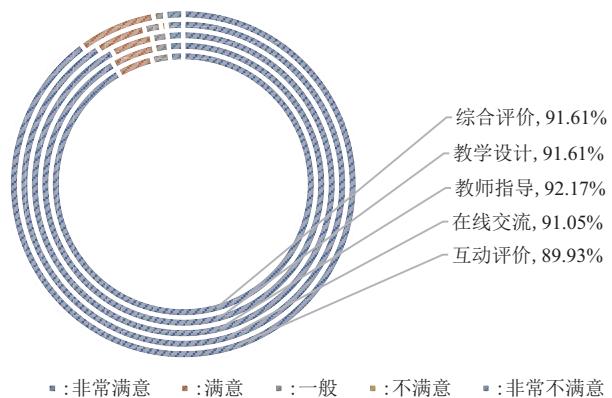
#### 4.4 学习体验与教学反馈分析

为系统评估“教-学-研一体化”改革成效, 本研究面向教改实施班级开展“1~10分量化评分+开放性主观题”混合模式问卷调查, 重点分析理论课线上线下混合教学、实验教学及科研设计环节的反馈, 共回收有效问卷172份。调研核心围绕两方面展开: 其一为理论课线上线下混合教学体验, 通过结构化选择题量化评估; 其二为实验教学与科研设计感知, 依托开放性主观题收集质性反馈。其中, 理论课线上线下混合教学的量化评分结果(图4)聚焦五大核心维度, 经教育评估标准将1~10分转化为五级评价档(1~2分“非常不满意”至9~10分“非常满意”)后显示: 教学模式综合评价、教学设计质量、教师指导水平、在线学习效果及互动交流体验的“非常满意+满意”累计占比分别达96.09%、96.64%、96.09%、96.06%和97.20%, 各维度“不满意”占比均不足1%, 清晰印证了对理

论课混合式教学方案的高认可度。

实验与科研设计环节的反馈则来自主观问答题, 学生反馈呈现显著正向特征: 实验教学方面, 提及“实验前线上虚拟仿真预习降低实体操作难度, 教师线下指导精准解决操作困惑”“虚拟与实体实验衔接流畅, 帮助深化对理论知识的实践理解”; 科研设计方面, 反馈集中于“课程融入的科研案例(如SRIP项目相关分析等)让理论知识与科研实践结合更紧密”“科研文献研读指导提升了文献解读与方案设计能力”。主观建议多为建设性方向, 如“希望增加实验拓展性案例”“建议补充科研设计相关的资源”, 未出现负面评价。

尽管未开展教改前对照调查, 但通过3方面评价数据客观性: 一是理论课混合教学的量化题设采用中性表述(如“教学设计条理清晰”), 避免引导性; 二是172份样本占教改班级总人数的56.6%(172/304), 样本代表性较强; 三是主观反馈与理论课量化评分逻辑一致(如主观认可“教师指导有帮助”与量化维度“教师指导水平”高评分互证)。整体而言, 理论课混合教学的量化数据与实验、科研环节的质性反馈相互支撑, 全面证实“教-学-研一体化”改革在各环节的有效性。



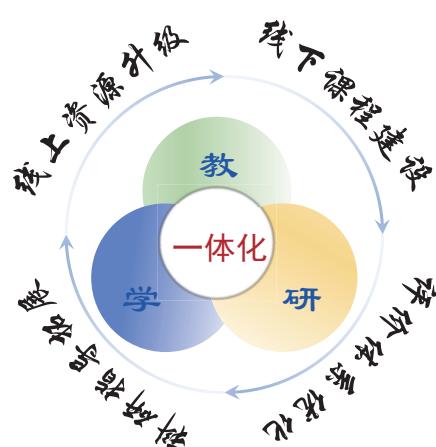
**Fig. 4 Student satisfaction survey on curriculum teaching reform**

图4 课程教学改革学生满意度问卷调查

#### 4.5 “教-学-研”一体化生态体系构建

基于前述实践探索与成效分析, 本研究构建并实施了涵盖“线上资源升级优化”“线下课堂创新重构”“科研指导深度拓展”“评价体系多维改革”四个维度的系统性教学改革方案(图5)。该方案深度整合线上线下教学资源优势, 通过强化科研素养培育、完善教学评价机制, 不仅显著提升了医学

生的知识掌握精度与综合实践能力，更充分展现了混合式教学模式在新时代医学教育中的育人效能与广阔发展前景，为“研教相长”教育理念的落地实践提供了坚实载体。“教学相长”这一教育理念源自《礼记·学记》中“学然后知不足，教然后知困。知不足，然后能自反也；知困，然后能自强也。故曰教学相长也”的经典论述，作为儒家教育思想的精髓，深刻诠释了教与学之间相互依存、彼此促进的辩证关系<sup>[15]</sup>。在本次以混合式教学与科研深度融合为核心的教改实践中，“教学相长”理念被赋予了新的时代内涵：一方面，通过线上资源实现个性化查漏补缺、依托虚拟与实践结合的技能训练体系、开展以赛促学的科研思维培养，助力学生实现知识内化与能力进阶；另一方面，推动教师在教学实践中发现问题、反思不足，进而驱动专业能力持续提升。在这种“教”与“学”的双向赋能过程中，充分彰显了师生共同成长的教育本质，最终构建起教师专业发展与教学质量提升协同推进的“研教相长”新生态。



**Fig. 5 Framework of the “Teaching-Learning-Research Integrated” ecosystem**

图5 “教-学-研一体化”生态体系框架

在“教-学-研”一体化生态体系的构建过程中，学生群体实现了多维能力的协同提升：依托线上资源的便捷获取与线下课堂的深度互动，不仅夯实了生理学基础知识体系，更在系统性科研实践中逐步强化自主学习能力、信息整合素养、批判性思维品质与团队协作效能。SRIP项目立项数量的持续增长与学科竞赛的优异表现，为学生科研素养与实践能力的提升提供了实证支持；线上学习行为数

据的动态反馈机制与线下互动的即时指导模式，助力学生更精准地识别知识短板与能力盲区，形成“预习-理解-复习-应用”的闭环成长路径，推动其完成从知识掌握到能力迁移的发展跨越。

对教师团队而言，体系构建的过程亦是教学角色转型与专业能力升级的过程：面对混合式教学改革与科研能力引导的新要求，教师群体通过“基于雨课堂AI课程教学的新模式”“AI赋能教育教学与课程建设改革创新”等专题培训系统更新教育理念，借助每学期初集体备课、教案精细化打磨、青年教师试讲评估与助讲培养机制，以及“老-中-青”传帮带教学梯队建设传承与优化的创新经验，依托学校督导全程听课评议与常态化教学竞赛机制倒逼教学质量提升，在教改实践中持续锤炼教研能力。通过生理学课程建设实践，教师团队主持完成校级课程建设项目4项，承担省市校级教研项目8项，参编规划教材1部，发表教研论文5篇，获校级青年教师教学竞赛二等奖1项，逐步实现从“知识传授者”到“能力引导者”的角色转变。这些成果既是教改成效的直接体现，也反映出教师队伍在教学设计创新、课程开发能力及教学研究水平上的提升。

本研究构建并实践的“线上资源升级、线下课堂重构、科研指导拓展、评价体系优化”四维融合教学体系，将“教学相长”的传统教育理念转化为具体的教学实践形态。其核心价值在于通过“教”“学”“研”3个环节的深度互嵌实现协同发展：以线上线下混合式教学模式优化“教”的实施路径，以虚拟仿真与实践操作相结合的方式提升“学”的实际效果，以科研素养培育体系丰富“研”的内涵建设，形成可持续发展的良性育人闭环。学生群体在教师引导下，通过线上预习铺垫、线下互动深化与科研探索实践，逐步实现从知识掌握到能力跃升的综合发展；教师团队则在教学方法创新、科研指导实践与评价机制完善中突破传统教学模式的束缚，完成从知识传授者到能力培养者的专业成长转型，师生双方在动态互动中构建起共生共荣的教育生态系统。该体系通过资源整合优化、学研贯通培养与评价机制完善，为深化医学教育改革探索了可行的实施路径，为培养兼具扎实学识储备与创新实践能力的高素质医学人才提供了可参考的实践范式，对推动新时代医学教育高质量发展具有一定的参考价值与推广意义。

## 5 新医科视域下“教-学-研”一体化教学实践的思考

在新医科建设背景下, 基于“教-学-研一体化”理念开展生理学混合式课程实践, 通过“线上资源优化、线下课堂重构、科研指导拓展、评价体系改革”四维框架实现教学要素整合, 有效促进学生学习效果、科研素养与实践能力的系统性提升。线上借助智慧树平台构建碎片化微课与测试体系, 线下融合翻转课堂、案例研讨及虚实结合的实验教学, 使教与学在多元场景中形成良性互动, 显著增强了学生的课程认同感、参与主动性及学习满意度, 为深度学习创造良好条件。理论教学围绕核心重难点, 将经典理论与前沿科研有机衔接, 着重培养学生的科研思维与知识迁移能力; 实验教学依托泰盟虚拟仿真平台与标准化设备, 以直观方式呈现抽象机制, 助力操作规范化, 为临床实践打下坚实基础; 科研训练贯穿课程全程, 采用递进式培养路径与“以赛促学”模式, 加速知识向能力的转化进程, 充分发挥科研训练对能力提升的促进作用。课程思政紧密结合医学专业特点, 深入挖掘各章节育人元素, 自然融入科学精神、社会责任、人文情怀等内容, 切实达成“知识传授-能力培养-价值引领”的统一目标, 充分体现医学基础课程的育人功能。本教学实践深化了对“教-学-研一体化”的认识: 其本质在于教育生态重构与多要素深度融合, 核心是以生理学核心能力培养为导向, 推动知识、能力与创新协同发展。与同类研究相比, 本实践将模式创新与学科特性紧密结合, 构建起“教有方向、学有路径、研有载体”的完整生态体系, 为基础医学课程改革提供了可借鉴的实践范式。

在教学改革与课程建设过程中, 也存在一些有待完善之处: 综合能力评价体系在全面性和精细化方面仍有提升空间, 对竞赛参与度较低但具备科研潜力的学生关注不足, 尚未将“挑战杯”“互联网+”等创新创业竞赛纳入评价范畴; 由于学生科研基础存在差异, 培养进度难以统一, 同时教师在混合式教学、科研指导与日常工作之间的精力分配也面临一定压力。未来的改革方向将聚焦精细化与智能化发展: 在技术层面, 可整合AI学情分析工具, 实时监测学习数据并推送个性化学习任务, 同时搭建沉浸式虚拟实验平台; 在体系层面, 需进一步完善评价框架, 将创新竞赛纳入评价体系, 并发生理系统评价; 此外, 通过构建“老中青”教学

梯队、推进教学资源共建共享等方式, 缓解教师工作压力。随着实践的不断成熟, 可将该模式推广至药理学、病理生理学等课程, 结合不同学科特点调整核心要素, 推动“教-学-研”融合理念在医学教育领域广泛应用, 为新医科高素质人才培养提供有力支持。

## 参 考 文 献

- [1] 于维涛, 于漪. 教育强国建设规划纲要的逻辑机理、理论特征与实践进路. 人民教育, 2025(6): 6-10
- [2] Yu W T, Yu Y. People's Educ, 2025(6): 6-10
- [3] 罗自强, 冯丹丹, 向阳, 等. 生理学国家级线上线下混合式一流课程建设的实践. 基础医学教育, 2021, 23(4): 265-269
- [4] Luo Z Q, Feng D D, Xiang Y, et al. Basic Med Educ, 2021, 23(4): 265-269
- [5] 吴凡, 汪玲. 面向人民生命健康培育卓越医学人才. 中国卫生资源, 2021, 24(1): 5-8, 19
- [6] Wu F, Wang L. Chin Health Resour, 2021, 24(1): 5-8, 19
- [7] 冯研, 翟霄, 王馨, 等. 中国生理学教材的历史沿革. 生理学报, 2025, 77(1): 1-12
- [8] Feng Y, Zhai X, Wang X, et al. Acta Physiol Sin, 2025, 77(1): 1-12
- [9] 徐佳, 张俊芳, 徐淑君, 等. 我国生理学教学改革的热点与前沿趋势——基于1990—2020年CNKI的文献计量分析. 中国高等医学教育, 2023(10): 64-65
- [10] Xu J, Zhang J F, Xu S J, et al. China High Med Educ, 2023(10): 64-65
- [11] 钟鉴宏, 霍荣瑞, 陈康, 等. 临床医学研究生科研思维与写作能力现状调查及现实意义. 中华全科医学, 2025, 23(1): 135-139, 171
- [12] Zhong J H, Huo R R, Chen K, et al. Chin J Gen Pract, 2025, 23(1): 135-139, 171
- [13] Vasan N S, DeFouw D O, Compton S. Team-based learning in anatomy: an efficient, effective, and economical strategy. Anat Sci Educ, 2011, 4(6): 333-339
- [14] Wang D, Zhou J, Wu Q, et al. Enhancement of medical students' performance and motivation in pathophysiology courses: shifting from traditional instruction to blended learning. Front Public Health, 2021, 9: 813577
- [15] Xu J, Sun S, Zhao Y, et al. Knowledge domain, research hotspots and frontiers in physiology teaching reforms from 2012 to 2021: a bibliometric and knowledge-map analysis. Front Med, 2023, 10: 1031713
- [16] Yang H, Zhu H, Luo W, et al. Design and practice of innovative practice workshop for new nurses based on creativity component theory and outcome based education (OBE) concept. BMC Med Educ, 2023, 23(1): 700
- [17] 李庆宁, 龚朝辉, 乐燕萍, 等. 探究式课程设计在医学生临床决策能力培养中的探索. 生物化学与生物物理进展, 2023, 50(7): 1767-1774
- [18] Li Q N, Gong Z H, Le Y P, et al. Prog Biochem Biophys, 2023, 50(7): 1767-1774

- [12] Hirsh D, Gaufberg E, Ogur B, *et al*. Educational outcomes of the Harvard Medical School-Cambridge integrated clerkship: a way forward for medical education. *Acad Med*, 2012, **87**(5): 643-650
- [13] Oshiro T, Suzuki S, Kagawa N, *et al*. Integration of early clinical exposure into curriculum enhances self-assessment of professional competencies in medical practice. *BMC Med Educ*, 2025, **25**(1): 1139
- [14] 李丽萍,高君妍,林苏扬,等.虚实融合模式在生理学实验教学中的效果分析.基础医学教育,2023, **25**(9):818-826  
Li L P, Gao J Y, Lin S Y, *et al*. Basic Med Educ, 2023, **25**(9): 818-826
- [15] 孙杰.论教学相长范畴的变迁及其当代价值.河北师范大学学报:教育科学版,2021, **23**(2): 54-63  
Sun J. J Hebei Norm Univ Educ Sci, 2021, **23**(2): 54-63

## A Blended Physiology Course Integrating Teaching, Learning, and Research: Development and Practice Within New Medical Education<sup>\*</sup>

XU Jia<sup>\*\*</sup>, ZHANG Jun-Fang, LI Li-Ping, LIU Hao, GUO Lei, XU Shu-Jun, CHEN Xiao-Wei

(Department of Physiology and Pathophysiology, Health Science Center, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract** Driven by the construction of “New Medical Sciences” and the educational digitalization strategy, there is an increasingly urgent demand in medical education for compound talents who possess a solid professional foundation, scientific research literacy, and clinical innovation capabilities. To address the problems existing in traditional physiology courses—including insufficient training of high-order thinking, delayed scientific research initiation, and a single evaluation mechanism—this study, with the concept of outcome-based education (OBE) as the guide and supported by constructivist and inquiry-based learning theories, has constructed and implemented a new “Teaching-Learning-Research Integration” blended online-offline curriculum model for physiology. The curriculum promotes reforms systematically from four dimensions. First, in the online dimension, it upgrades resources such as micro-courses and virtual simulation experiments, and optimizes self-directed learning paths. Second, in the offline dimension, it reconstructs flipped classrooms to strengthen the discussion of scientific research cases and interactive inquiry. Third, it expands in-depth scientific research guidance and builds a stepped scientific research training system through Student Research and Innovation Program (SRIP) projects and discipline competitions. Fourth, it reforms the multi-dimensional evaluation mechanism by integrating process-oriented assessment and scientific research literacy evaluation. The practical results show that students' mastery of basic physiology knowledge has been significantly improved; the effectiveness of cultivating their scientific research literacy and professional literacy, as well as their overall course satisfaction, have all been enhanced. Meanwhile, the teaching and research capabilities of the teacher team have been synchronously strengthened, achieving the goal of “mutual promotion between teaching and research”. This study confirms the effectiveness and promotion value of the in-depth integration of “Teaching-Learning-Research” in physiology courses. It provides a replicable and transferable model reference for the reform of basic medical courses under the background of “New Medical Sciences” and holds important practical significance for systematically improving the scientific research literacy and innovation capabilities of medical talents.

**Key words** new medical education, blended teaching/learning, physiology, research literacy, curriculum reform

**DOI:** 10.3724/j.pibb.2025.0343

**CSTR:** 32369.14.pibb.20250343

\* This work was supported by a grant from the Ningbo University Teaching Research Project (JYXM2025159).

\*\* Corresponding author.

Tel: 86-574-87609580, E-mail: xujia@nbu.edu.cn

Received: July 19, 2025 Accepted: September 19, 2025