OBE理念驱动的“神经生物学”课程专业差异化教学重构

马凯歌[1],胡晓宣[1,2],安 晶[1],张智超[1],陈新林[1],吕海侠[1]
西安交通大学:1.基础医学院,西安 710061;2.第二附属医院,西安 710004

【摘要】成果导向教育(outcome-based education, OBE)是将教育重心从“教师的教”彻底转向“学生的学”,确保教育投入最终转化为学生真实获得的能力与素养。随着“新医科”建设的推进和西安交通大学医学教育体系的改革,“神经生物学”作为基础医学专业的必修课,自2021年开始面向临床医学专业开设选修课。面对不同的学生培养需求,课程团队基于OBE理念,以专业培养目标为引导,结合学生需求,对必修课和选修课教学体系进行了专业差异化重构,对教学内容进行适应性设计,分别在知识、能力和拓展层面进行补充和调整,同时丰富教学方法,改革考核方式,增加学生自主命题的终结性考核,提高了学生的学习自主性和掌控感,提升了课程教学效果和育人质量,也为其他专业课程改革提供了借鉴。

【关键词】成果导向教育;“新医科”建设;神经生物学;专业差异化重构
【中图分类号】R-4;G642.0 【文献标志码】A 【文章编号】1004-5287(2026)04-0515-06
【DOI】10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202604013

Reconstruction of discipline-differentiated teaching for “Neurobiology” course driven by OBE concept

MA Kaige[1], *HU Xiaoxuan*[1,2], *AN Jing*[1], *ZHANG Zhichao*[1], *CHEN Xinlin*[1], *LÜ Haixia*[1]
Xi'an Jiaotong University: 1. *School of Basic Medical Science*, *Xi'an* 710061, *China*;
2. *The Second Affiliated Hospital*, *Xi'an* 710004, *China*

【**Abstract**】Outcome-based education (OBE) shifts the focus of education from “the teaching by the teacher” to “the learning by the students”, ensuring that all educational investments ultimately result in students acquiring genuine abilities and qualities. With the advancement of the “New Medicine” construction and the reform of the medical education system at Xi'an Jiaotong University, “Neurobiology”, as a compulsory course for basic medical majors, has been offered as an elective course for clinical medicine majors since 2021. In response to the diverse training needs of students, the course team, grounded in the OBE concept and guided by program-specific educational objectives, has implemented a discipline-differentiated reconstruction of the teaching system for both compulsory and elective courses. The teaching content has been adaptively redesigned, with targeted supplements and adjustments at the levels of knowledge acquisition, skill development, and extended learning. Meanwhile, the team has diversified teaching methods, reformed assessment approaches, and introduced a summative assessment component that incorporates student-generated questions. These measures have significantly enhanced students' learning autonomy and their sense of ownership over the learning process, improved overall teaching effectiveness and educational quality, and also provided a valuable reference for the reform of other specialized courses.

【**Keywords**】outcome-based education; “New Medicine” construction; Neurobiology; specialized differentiated reconstruction

基金项目:教育部基础学科拔尖学生培养计划2.0研究项目(20232035)
收稿日期:2026-03-27
作者简介:马凯歌,副教授,博士,研究方向为认知损伤的神经机制、评估与干预。
通信作者:吕海侠,教授,博士,硕/博士研究生导师,研究方向为干细胞与脑损伤修复。E-mail:HXL01@xjtu.mail.edu.cn

“神经生物学”目前已成为基础医学、生物学等相关专业本科生核心课程，也是临床医学专业认证要求的拓展课程，其内容既包含神经系统正常的结构和功能，也包含神经系统疾病的发生机制，体现了高度的学科交叉性、基础前沿关联性以及基础与临床的融合性[1-2]。在教学过程中全程强调结构与功能相结合、知识与能力培养并重。

西安交通大学（以下简称“我校”）自2010年开始面向侯宗濂医学实验班（临床医学8年一贯制）以及基础医学专业开设“神经生物学”必修课程，经过多年建设，形成了完整的教学体系，也取得了一定的教学效果。随着“新医科”建设的推进和我校医学教育体系改革，自2021年开始面向临床医学专业（5年制）开设选修课程。面对不同的学生培养需求，原有课程体系已经不能适应新的教学要求。课程团队基于成果导向教育（outcome-based education，OBE）理念[3-4]，以专业培养目标为引导，对“神经生物学”教学体系进行了专业差异化重构。本研究围绕课程目标和内容重构、教学方法和评价方法改革的实践与成果进行总结，供同行教师参考。

1 学情分析与课程目标适应性重构

“神经生物学”必修课面向宗濂班和基础医学专业三年级学生开设，学生前期学习了“系统解剖学”“生理学”“组织胚胎学”以及“细胞生物学”等相关知识，对神经系统的结构和功能具有基本的认知。作为专业核心必修课程，教学目的在于拓展学生的神经生物学知识，激发研究兴趣，培养独立思考和自主学习能力，同时培养学生探索精神和创新意识，提高科研能力[1-2]。教学体系强调从基础研究到高级整合，从分子结构到整体行为，从理论探讨到实验验证。

自2021年开设的“神经生物学”选修课，学生为临床医学专业不同学制（5年制、5+3以及侯宗濂医学实验班），开课时学生刚刚接触医学基础课程，对医学专业课程尚没有明确的认知，对神经系统的结构和功能缺乏基本的认识，因此显著增加了课程教与学的难度。为了适配学生的“元认知水平”和已经拥有的知识架构[5]，对标临床医学专业在知识、能力和职业素养等方面的培养目标和能力矩阵，团队调整了课程教学目标（如表1所示），差异化引导学生，理解神经系统的基本结构与功能，掌握神经活动的基本原理，并了解该领域的前沿进展。

表1 差异化“神经生物学”课程目标

	基础医学专业（必修）	临床医学专业（选修）
核心培养目标	科研思维驱动 掌握神经生物学核心机制以及解决科学问题的研究逻辑，具备独立设计并实施基础研究的能力	应用导向驱动 建立神经科学与临床疾病的关联认知，提升用神经知识解释/辅助解决临床问题的意识
一级能力	神经机制探究能力 科研实验设计能力 学术成果转化能力	临床疾病关联分析能力 神经知识应用与传播能力 职业视野拓展能力
二级能力（包含不限于）	机制解析：神经信号传递、突触可塑性及神经发育的细胞分子等 研究设计：探索相关因素/因子在神经生理过程或疾病发生中的作用探索（如基因、细胞因子及药物等） 数据处理和分析：运用统计工具分析实验数据，解释生物学意义（如电生理、钙成像数据） 报告撰写：撰写符合学术规范的实验研究计划书或实验报告	症状与机制关联：识别常见神经疾病（AD、PD、中风及癫痫等）的典型症状与神经机制关联（如症状发生的解剖结构基础、神经功能紊乱细胞机制） 术语掌握与运用：灵活掌握术语，能用通俗语言解释神经系统疾病原理（如中风患者的三偏征）临床思辨：建立基本临床思维，分析临床症状的结构定位和诊疗策略建议 职业拓展：了解神经科学在精准医疗、功能修复等方面的前沿应用

2 教学内容差异化设计

为了支撑上述能力培养需求，课程团队在“神经生物学”必修课程基础上进行了教学内容差异化设计（表2），分别从知识层面、能力层面和拓展层面进行了调整。

表2 课程教学大纲的差异化设计

课程目标	进度安排	差异化内容设计
知识层面 构建基本知识架构，为运用知识解决问题奠定基础	核心知识模块教学安排一致	必修：学以致用，强调结构与功能的结合，用已知解释新现象 选修：巩固基础，配合同期课程，为后续学习做铺垫
能力层面 培养科学/临床思维，提升解决问题能力	未学的交叉性知识统一讲授	必修：侧重科学思维，建立系统知识结构，理解生命活动机制 选修：侧重临床思维，以疾病为例，培养从机制到症状的临床思辨
拓展层面 拓展学术视野，引导学习兴趣，服务国家战略需求	适时融入前沿知识与研究方法	必修：拓展深化，前沿知识用于深化对基本原理的理解 选修：兴趣驱动，增加学生兴趣话题，课堂形式多样化

2.1 知识层面

着重建立基本知识架构，为培养学生运用知识解决问题的能力奠定基础。根据必修课开课学期（三年级第一学期）和已经完成的课程计划，基于学生具备

神经系统基本结构和功能常识、对医学有基本认知的学情，课程教学重点是将已有的知识用新的角度进行阐述，将结构和功能相结合，并重点围绕学习与记忆、认知与智力、语言、睡眠等与学生的日常学习、成长等相关的“脑的高级功能”展开讨论。

“神经生物学”选修课学生刚刚完成数理知识学习和“细胞生物学”“分子生物学”等专业基础课程学习，缺少专业基础知识支撑。在神经生物学基础知识教学阶段，需要适当补充相关内容，并与同期课程配合学习。除此之外，征集学生关注、关心和感兴趣的话题，结合原有教学安排，对教学内容进行专题式融合性补充（表3）。

表3　学生感兴趣话题融入选修课程教学计划

学生感兴趣话题	课程内容	进度安排
脑肠轴（作为新内容补充）	系统神经生物学	第6周
学习与记忆（存贮），睡眠与梦境	脑的高级功能	第7周
精神类疾病（抑郁、精神分裂症、人格分裂等）神经科学基础	脑的高级功能	第8周
注意力、成瘾、心理暗示、意识	干细胞与神经系统发育	第9周
神经干细胞	干细胞与神经系统发育	第10周
脑功能开发的相关活动（游戏、药物等）	干细胞与神经系统发育	第11周
神经干细胞应用，神经再生修复	神经损伤修复	第13周
单细胞/空间转录组、脑机接口在神经生物学中的应用	神经生物学方法	第15周

2.2　能力层面

主要培养学生的科学思维或临床思维，提升其分析问题和解决问题的能力。

教学设计中，考虑到学生未曾系统学习“神经干细胞与神经系统发育”“神经损伤修复”等知识，这些重点分散在现有医学专业本科教育教学体系中的多个课程中。因此在OBE理念指导下，对基础知识做趋同性处理，对拓展内容和教学案例进行差异化分享[3-4]。着重引入最新的研究进展，并将医学伦理及医学人文精神引入课堂讨论。

必修课教学过程注重对学生科学思维的引导。在“神经系统发育”教学中，教师从神经系统细胞来源、数量增多、种类增加、神经系统结构形成及功能成熟等角度，带领学生将胚胎学、细胞生物学、系统解剖学以及生理学知识进行融合，以全新的视角进行知识结构的建立；同时基于“神经突触可塑性”，对脑的高级功能进行拓展，联系学习、复习、记忆等实际活动，引发学生思考。

选修课教学过程中注重学生临床思维能力的培养。比如在“神经系统损伤修复”章节，以常见的损伤性疾病、退行性疾病为例，从结构和功能相结合的角度分析临床症状出现的具体机制。从Willis动脉环的动脉分支、走行角度分析脑出血、脑梗死的高发部位，从相应脑区的神经功能分析对侧肢体感觉减退、运动能力下降以及语言功能障碍的原因；从神经递质多巴胺与乙酰胆碱的功能和神经调控角度，分析帕金森病患者出现震颤麻痹的详细机制，并提出应对策略的建议等，帮助学生建立临床思辨能力，做到举一反三。

2.3　拓展层面

对应“教育强国”和“健康中国”战略需求，培养具有原始创新潜力的基础医学人才和具有解决重大医学科学问题潜力的卓越临床医生[6]。

在学术视野拓展方面，结合学科发展特点，在教学实施中全程融入前沿知识，理论教学中融入基础科学研究、基础与临床融合研究及临床应用转化研究的前沿进展，并以“神经科学研究方法”的教学支撑学生研发能力的拓展，注重技术方法的前沿性和时效性。在形态学研究、功能学研究及分子与细胞学研究等基本方法的基础上，2021年教学中引入光遗传学[7]、化学遗传学研究方法[8]，在2022年引入双光子显微镜使用[9]、功能影像学检测等方法[10]，在2023年引入基因编辑技术以及嵌合体构建等方法[11]，在2024年引入单细胞测序技术[12]，2025年引入空间转录组测序技术[13]，让学生触摸科技进步的脉搏，知晓前沿技术，服务未来的长远发展。

在兴趣引导方面，基于课程目标和上课时间，增加“学习与记忆”“睡眠与梦境”“情绪调控”“共情”等与学习生活相关的话题，也适度增加了“人工智能”“脑机接口”“脑肠轴”“精神分裂症”“恋爱脑”等热门话题。师生协同完成相关话题的补充，增加学生学习的主动性和沉浸感，提高学习效果。

3　教学实施与考核方法改革

3.1　丰富教学方法

“神经生物学”教学全程采用了讲授法[14]、案例讨论法[15]、翻转课堂[16]以及研究案例设计[17-18]等教学方法，且在必修课与选修课中，以上教学方法所占比例有所差别。

落实讲授法方面，必修课主要面向基础医学专业，注重启发式教学，以提问激发学生思考，师生一起通过“温故”（调取已有知识）然后“知新”（掌握新的知识、启迪新的思考）[14]。选修课教学面向刚刚接触医学专业课程的低年级学生，缺乏相关基础知识，教学中增加生活中的神经科学现象，带动学生兴趣，鼓励思考。

在案例讨论方面，根据课程教学目标选取不同案例，鼓励学生从不同的角度、角色出发进行思考和讨论[18]。必修课以科学思维训练为导向，学生以研究者、评价者身份进行思考；选修课则重点培养学生的兴趣和应用能力，学生以医疗工作者或患者家属身份参与讨论。比如“阿尔茨海默病”案例，在必修课讨论中主要引导学生从Aβ的代谢、对神经元的损伤、神经退行性改变角度思考记忆的逆行性缺失发生的机制，从分子、细胞层面提出可能的应对策略以及如何进行新药物研发等；选修课学生则通过有关AD发病的视频资料等引起学生的共鸣、增强学生对患者和家属的共情，然后从现有的药物治疗、细胞治疗等角度，激发学生主动思考新型干预策略，激发职业责任感，提高职业胜任力。

在翻转课堂方面，必修课教学重在强化学生对专业知识的理解和应用；选修课翻转课堂旨在增加学生的参与度、沉浸感，加深学生对主动获取知识的理解，并激发对神经科学的兴趣[9-11]。

研究案例设计均以作业的方式完成，必修课学生围绕科学问题的解决，选修课学生围绕新的疾病诊断和治疗策略展开。“神经系统损伤修复”研究案例设计中，必修课学生需要结合“神经干细胞的研究与应用”，针对神经再生修复书写完整的实验设计，包含科学假说、研究背景、研究目标和研究内容以及预期成果；选修课学生，要求从应用的角度关注“干细胞及相关产品在神经系统损伤修复方面的应用策略”，要求学生查阅研究进展，提出可能的探索方案。

3.2 改革考核方式

针对不同的教学目标和教学组织，对课程考核方式进行差异化处理（图1）。

必修课考核包括过程性考核（40%）和终结性考核（60%）。其中案例设计（研究计划书）占10%，评价维度如下：提出问题的科学性（40%），研究目的和研究内容的逻辑性（40%）以及计划书书写的规范性（20%）。终结性考核除了基本的知识之外，重点考核学生利用知识解决问题的能力，综合能力考核型题占到60%。

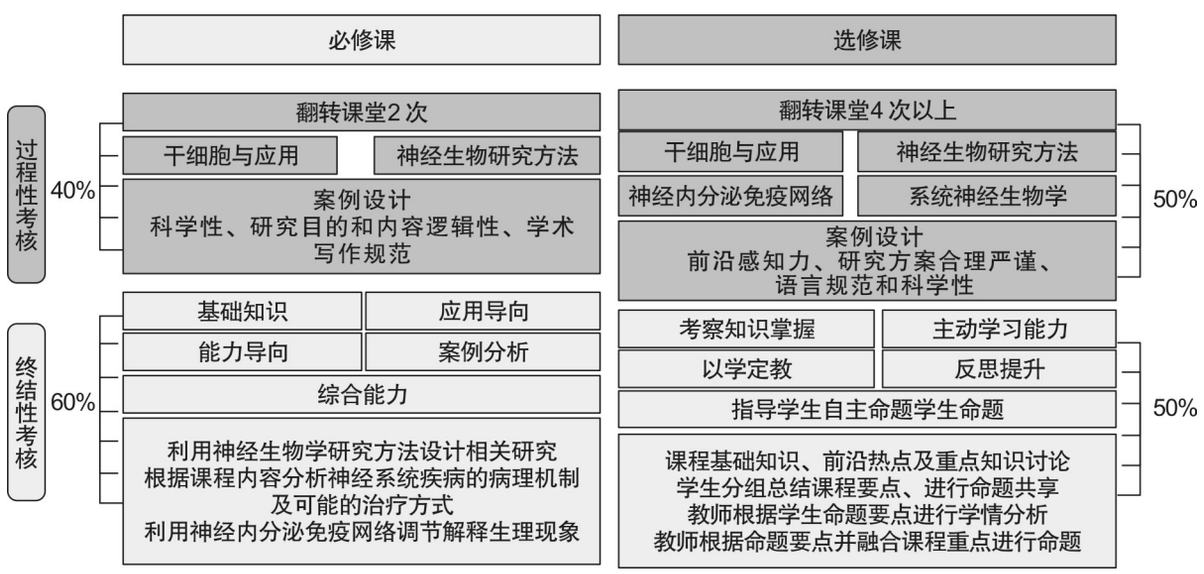


图1 必修课和选修课考核结构对比

选修课的过程性考核和终结性考核各占50%。其中案例设计（研究计划书）占10%，评价维度注重对研究前沿的感知力（20%）、研究方案的合理性和严谨性（60%）、计划书的语言规范性和科学性（20%）。终结性考核以“教师指导学生自主命题”[19]、开卷考核方式完成，激发了学生的主动性和掌控感，考核的内容不再是“老师认为必须掌握的”而是“学生认为应该掌握的”。在教师指导下，学生以小组为单位（每组学生不超过10名）进行讨论，梳理知识点，分析关键问题，形成问题清单，并提供答题要点[20]。教师收集命题清单后进行审核、修订及整合，在不超出自命题范围的前提下完成组卷。

4 教学重构实施过程中的挑战与应对策略

基于OBE理念的“神经生物学”课程差异化重

构，在提升课程目标达成度和学生学习主动性的同时，也对学生学习方式、教学资源建设、评价方式以及教师教学能力提出了新的要求。课程改革并非简单增加教学环节或改变课堂形式，而是在不同专业培养目标基础上，对教学目标、教学内容、教学活动和评价方式进行系统重构。因此，在实施过程中遇到了一些挑战。

4.1　学生适应新教学模式的挑战及应对

课程重构引入了翻转课堂、自主命题、研究方案设计等环节，学生的角色随之发生转变，逐渐由知识的被动接受者成为课堂活动的参与者和设计者。但在改革初期，学生反映课前准备耗时明显增加，加之本科生对于围绕某一科学问题检索和阅读文献的过程较为陌生，需要教师进行分步讲解；在课堂汇报环节，部分学生表现较为紧张，投入程度也参差不齐。

针对上述问题，课程逐步形成了“任务分解与分步指导”的应对策略。课前，教师通过案例示范，讲解文献检索方法、资料筛选思路和评价标准，帮助学生明确任务要求，减少无从下手的茫然感；课中，则将复杂任务拆分为选题、资料收集、课堂展示与反馈修改等环节，并在每个阶段给予针对性指导。同时，鼓励小组之间相互补充和质疑，使学生在交流中进一步完善自己的思路。实践表明，多数学生经过 1～2 轮任务训练后，课堂参与的主动性明显提升，对翻转课堂的接受度也有所提高。

4.2　自主命题中的挑战与应对

在选修课的自主命题环节，学生一方面对“自主命题”感到新鲜，另一方面也意识到，要出一道好题，首先要真正搞懂各个知识点的分布和章节内容之间的联系，这比平时背知识点应付期末考试需要更深层次的理解，压力反而更大。

在自主命题环节，课程采用随机分组的方式组织学生参与命题。为兼顾学生兴趣同时考察学情，学生按小组进行自主命题。这样既在一定程度上减轻了学生的任务压力，也促使学生围绕整体教学大纲进行任务分配，进而主动梳理和深入思考，组间讨论完成知识点的巩固。学生完成初步命题后，任课教师会依据教学重点对题目逐一进行审核和调整，如学生更倾向于在神经生物学和生理学、人体解剖与组织胚胎学领域交叉等熟悉的知识点中出题，在命题过程中更倾向于围绕概念清晰、条目明确、答案标准的记忆类知识点进行设计。而教师在收到题目后，在尽量保留学生原有命题知识点的基础上，对题干表述、难度梯度和答案解析等进行凝练融合与规范化处理。同时，教师会结合课程目标，保证各章节知识点权重均衡，从功能联系、应用场景和逻辑推理等角度对题目进行深化设计，使其由单纯知识识记转向对知识理解、迁移与应用能力的考查，最终形成符合课程要求的试题。

4.3　过程性评价实施中的挑战及应对

课程重构后，评价方式由单一期末考试逐渐转向过程性评价与终结性评价相结合。然而，在研究方案设计、课堂展示、自主命题和小组合作等评价环节中，也出现了评价标准不够直观、学生贡献差异较难量化、教师反馈工作量增加等问题。

选修课和必修课的评价侧重点有所不同，必修课强调学生能否运用神经生物学知识分析疾病机制并设计相关研究；选修课则强调学生能否结合生活现象、社会议题和前沿热点进行理解。为提高评价的公平性和可操作性，课程制定了较为明确的评价量规，将评价指标细化为知识准确性、问题意识、逻辑结构、创新性、资料使用、表达效果和团队协作等方面。同时，在小组任务中增加个人贡献说明，并将教师评价、学生互评和自我评价相结合，使评价结果能够更加全面地反映学生的学习过程和学习成果。此外，教师在课程中期安排阶段性反馈，帮助学生及时发现问题并进行修改，避免评价集中在期末考核阶段。

4.4　教师教学负担增加与持续改进机制建设

差异化教学重构也对教师提出了更高要求。教师需要根据不同专业学生的培养目标重新设计教学内容，持续更新案例和资源，并对学生的课堂展示、研究方案和自主命题资料进行调整和反馈，教学准备和课后指导的工作量明显增加。特别是在选修课教学中，学生的专业背景和兴趣方向更加多元，关注的问题既包括睡眠、情绪、压力、学习记忆等与日常生活密切相关的主题，也涉及成瘾行为、神经退行性疾病、脑机接口、神经调控技术等前沿问题。面对学生多样化、专题化的学习需求，仅依靠单一任课教师进行内容拓展和深度指导，难以完全满足课程持续发展的需要。

针对这一问题，课程逐步建立了多元教学资源支持机制。一方面，通过多次集体备课、教学研讨和资源共享，减少单个教师重复准备课程的压力；另一方面，根据学生兴趣和课程内容需要，在课程教师团队中，教师根据自身研究领域和兴趣点，选择特定专题和学生开展研讨。例如，围绕学习记忆与认知功能、营养与神经系统功能专题、表观遗传学等则分别由研究认知损伤、饮食干预对神经发育影响、表观遗传对神经发育的调控这些方向的教师开展专题讲座。

专题讲座的引入，弥补了常规课堂在专题深度和前沿性方面的不足，使学生接触真实科研问题与学科

发展动态，也能结合不同专业学生的兴趣和发展需求，提供更丰富的学习资源，增强课程的开放性与延展性。对于选修课学生，则着重引导其从生活现象和前沿科技中理解神经生物学知识的应用价值，提升学习兴趣。同时，课程将专题讲座中学生提出的典型问题、讨论主题及延伸阅读材料纳入课程案例库，形成可持续更新的教学资源。通过持续积累，课程逐步构建开放、多元、动态更新的教学支持体系，既减轻了教师差异化教学中的资源建设压力，也提升了课程对学生个性化学习需求的回应能力，推动课程改革由单次教学设计向持续改进转变。

5 课程改革成效与未来方向

总体来看，“神经生物学”课程自开设以来，课程团队始终依据学情变化和学科发展动态优化教学设计、更新教学内容，体现了OBE的核心内容。课程根据不同专业学生的培养需求，对“神经生物学”必修课和选修课的教学内容、教学方式及评价标准进行了差异化重构；以应用和理解为目标的教学方式，提高了学生的学习积极性、课堂参与度和表达能力，部分学生完成的“研究方案设计”获批校级或省级大学生创新训练项目，有的案例进一步发展为本科毕业论文设计的雏形；围绕“内卷”与“摆烂”行为神经生物学机制形成的课后作业结构完整、逻辑清晰，具备进一步整理和拓展的基础。教师反馈也表明，围绕不同培养目标开展差异化教学，有助于提高精准教学水平，增强课堂互动和学生参与度，同时促进教学资源的持续积累，提升教师的教学获得感。

然而现阶段对教学效果的判断主要依赖学生的课堂表现、作业质量和学期末的主观反馈，缺乏系统化的纵向追踪数据，难以客观衡量差异化教学在学生能力发展上的长期影响。为此，课程尝试建立初步的反馈收集机制，主要是平时座谈、期末访谈等方式，定期收集学生对各教学环节的感受和建议，并将反馈结果作为下一轮课程调整的依据。后续还计划引入更系统的学习成效评估工具，如对学生科研项目申报率、毕业论文选题方向的持续追踪，以便更客观地评估课程改革的实际效果，为进一步优化提供数据支撑。

参考文献

[1] 关新民，万选才，韩济生，等. 在我国高等医学教育中开设神经生物学课程已刻不容缓[J]. 生理科学进展，1994，25(3)：277-279.

[2] 龚歆，王银，李云鸿. 探讨医科研究生开设神经生物学课程的必要性[J]. 教育教学论坛，2015(44)：191-192.

[3] Spady W G. Outcome-based education: Critical issues and answers[M]. Arlington: American Association of School Administrators，1994.

[4] Spady W G. Organizing for results: The basis of authentic restructuring and reform [J]. Educational Leadership，1988，46(2)：4-8.

[5] 张勇斌，王晨，付秀丽，等. 提升大学生元认知水平的教学模式研究：基于Python课堂教学的分析[J]. 包装工程，2024，45(S2)：114-118.

[6] 喻罡，高燕华. 新医科背景下医学教育思政案例库建设和实践[J]. 中国医学教育技术，2021，35(5)：579-582.

[7] 颜佳婧，刘畅，蔺宇辰，等. 光遗传学精准光刺激技术研究进展[J]. 中国科学：物理学 力学 天文学，2026，56(4)：7-23.

[8] 陈洪年，王亮. 化学遗传和光遗传癫痫发作模型研究进展[J]. 癫痫杂志，2021，7(3)：262-264.

[9] 柏文娟，王靳，赵文颖，等. 双光子活体成像在生命科学领域的应用与展望[J]. 现代仪器与医疗，2025，31(4)：111-116.

[10] 何莹，毛翠平，祝康，等. 临床思维导向的医学影像学混合式教学探索与实践：基于布鲁姆分类法的实证研究[J]. 中国医学教育技术，2025，39(6)：823-828.

[11] 范月蕾，王冰，于建荣. 国内外CRISPR-Cas基因编辑技术主要申请人专利布局分析[J]. 生命科学，2022，34(10)：1305-1316.

[12] 刘青，徐斌，元小冬，等. 神经细胞分化及相关疾病的单细胞转录组测序研究进展[J]. 生物医学工程与临床，2022，26(5)：646-651.

[13] 孙宇哲，郑惠文，聂超. 空间转录组学在衰老研究中的应用与未来[J]. 中国医学前沿杂志(电子版)，2024，16(8)：14-22.

[14] 邹维. 数智时代讲授法的价值质疑、重估与提升[J]. 电化教育研究，2026，47(1)：33-39.

[15] 朱艳凌，王顺，杨菁，等. 案例讨论式教学在生物化学教学中的实践[J]. 基础医学教育，2019，21(10)：781-784.

[16] 安晶，赵董步甲，谭若兰，等. 讨论式课堂翻转在医学本科生及研究生教学中的应用及思考[J]. 中国高等医学教育，2019(2)：125-126.

[17] 张彦琦，易东，伍亚舟，等. 基于PBL教学模式的医学统计学理论教学案例设计[J]. 重庆医学，2016，45(11)：1574-1575.

[18] 王青梅，赵革. 国内外案例教学法研究综述[J]. 宁波大学学报(教育科学版)，2009，31(3)：7-11.

[19] 申笑颜，刘洪，彭昕，等. 重构医学高等数学考核模式的探讨：学生自主命题的尝试[J]. 考试周刊，2015(23)：1-2.

[20] 郭峰. 学生自主学习能力的培养：提高教学质量的核心命题：哈佛大学的经验及其启示[J]. 外国教育研究，2008，35(1)：60-64.