·教学改革·

基于OBE理念的“医用数学建模”教学设计与实践

李春香[1]　王献龙[2]　杨轩[2]　王中亮[1]
[1]海军军医大学卫生勤务学系数理教研室，上海　200433；[2]海军军医大学基础医学院，上海　200433
通信作者：王中亮，Email：likemath@163.com

【摘要】 **目的**　基于成果导向教育（outcomes-based education，OBE）理念，以提升学员医用数学建模能力为目标，围绕《医用高等数学》课程中医用数学建模模块进行教学设计与实践并明确改进方向。**方法**　以“传染病模型”为例，进行教学实践；随后利用问卷方式收集44位学员反馈意见。综合运用统计描述、Mann-Whitney *U*检验、单因素方差分析和Scheffe法，以及卡方检验和*z*-检验对数据进行分析。**结果**　90.91%的学员对课程主题感兴趣，65.91%的学员认为该模式明显提升了学习效果。本次课程中学员学习主动性在对课程主题有、无兴趣这两个水平上无显著差异，而对知识点掌握程度和继续开展翻转课堂的意愿却有显著影响。**结论**　教学模式总体有效，但需在“突出建模，淡化计算”、提升学员参与度和强化课堂学习效果3个方面进一步改进。

【关键词】 基于成果导向教育；　医用数学建模；　翻转课堂
【中图分类号】 R311
基金项目：海军军医大学校级教学研究与改革项目（WJYB2018007）；海军军医大学卫生勤务学系教学研究与改革项目（2020WJB01）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210113-01481

Teaching design and practice of "medical mathematical modeling" based on OBE concept

Li Chunxiang[1], Wang Xianlong[2], Yang Xuan[2], Wang Zhongliang[1]
[1]Teaching and Research Section of Mathematics and Physics, Faculty of Health Service, Navy Medical University, Shanghai 200433, China; [2]College of Basic Medical Sciences, Navy Medical University, Shanghai 200433, China
Corresponding author: Wang Zhongliang, Email: likemath@163.com

【**Abstract**】 **Objective**　Based on the concept of outcomes-based education (OBE), aiming to improve students' medical mathematical modeling ability, the teaching design and practice of mathematical modeling module for the course *Medical Advanced Mathematics* are carried out and the direction of improvement is defined. **Methods**　Taking infectious disease model as an example, teaching practice was carried out, and then questionnaires from 44 students were collected for feedback opinions. Statistical description, Mann-Whitney *U* test, one-way ANOVA and Scheffe method, as well as chi-square test and *z*-test were used to analyze data. **Results**　The results showed that 90.91% of the students were interested in the subject of the course, and 65.91% of the students thought that this mode significantly improved the learning effect. In this course, there was no significant difference in the learning initiative of students on the two levels of being or not being interested in the course topic, but it had a significant impact on their mastery of knowledge points and their willingness to continue to carry out flipped classroom. **Conclusion**　The teaching mode is generally effective, but it needs to be further improved in three aspects: emphasizing modeling and downplaying computation, enhancing students' participation and strengthening the classroom learning effect.

【**Key words**】 Outcomes-based education;　Medical mathematical modeling;　Flipped classroom
Fund program: Teaching Research and Reform Project Funded by Navy Medical University

(WJYB2018007); Teaching Research and Reform Project Funded by Faculty of Health Service of Navy Medical University (2020WJB01)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210113-01481

数学对生命科学的渗透使生物系统的刻画越来越精细。以笔者关注的数学生态学为例，从相对增长率为常数的Malthus方程，到考虑资源限制因素的Logistic方程，再到引入时滞项以描述年龄结构的Hutchinson方程；从单种群模型，到同时考虑捕食和被捕食者的Lotka-Volterra模型；从古典的舱室模型，到涉及空间扩散和环境异质性的SIS传染病模型。从20世纪后半叶开始，数学对生命科学的这种渗透不断加速。到今天，生命科学领域中的每一项重要进展，几乎都能看到严密数学方法的身影，生物系统的数学建模正在演变成生命科学研究中不可或缺的组成部分。

生物数学模型中一部分由生物学家和数学家合作建立，一部分则由生物学家独立提出。究其根本原因，机制类数学建模并非“无米之炊”，需要创立者在前期实验中发现规律，并将其转化为数学语言，方能建立数学模型，从而实现对生物过程更精确的控制和预测。因此笔者认为在医科院校，对将要走上生命科学研究之路或从事相关工作的本科学员，开展数学建模培训，为将来的跨领域合作提供“接口”，具有十分深远的意义。本文通过在《医用高等数学》课程中引入基于成果导向教育（outcomes-based education，OBE）理念，探讨如何平衡基本教学和数学建模教学，明确教学目标；并通过具体的教学实践及反馈，进一步探索该模式的改进方向。

1 《医用高等数学》课程引入OBE理念的必要性

成果导向教育由美国学者Spady于20世纪80年代提出，是一种以学员为中心，面向产出，持续改进的教育理念。它要求教师必须明确所教授的课程，学生毕业时应达到的目标，并为此去寻找合适的教学手段和教学方法[1]。我国自2013年开始应用OBE理念引导工程教育改革。至2016年，我国成为《华盛顿协议》正式成员，标志着我国工程教育质量保障体系得到了国际认可。也由此OBE理念开始深入人心，并被逐渐引入高等教育专业建设和教学改革中，对完善我国高等教育体系和提高人才培养质量起到了积极的引导作用。

《医用高等数学》是医科院校本科阶段的公共基础课，通常在大一上学期开设。在人才培养方案中该课程总体目标是使学员具有“较强的思维能力”，为后续课程提供必要的数学概念、理论、方法、运算技能和分析问题、解决问题的能力素质。然而由于教学课时所限，教师往往按部就班赶进度，重讲授轻互动；学员则在被动接受的模式下，逐渐失去兴趣，主观能动性较低；加之形成性评价形式单一且在总评中占比低，学员缺少独立思考过程，多为考前突击，所以课程的总体目标实现不尽如人意。另一方面，目标设定较“大”，基于现有学时、学员基础及内容难度，目标的具体达成度是一个值得讨论的问题。鉴于此，在《医用高等数学》课程中引入OBE理念，通过聚焦“产出”，以学习成果为起点，进行反向设计[2]，发挥教师主导作用和学员主体地位，促进学员自主学习，并对整个教学活动进行全程跟踪评价以及改进是十分必要的举措。

2 基于OBE理念的《医用高等数学》课程教学内容规划

成功借鉴OBE理念，关键在于回答好如下5个问题：想让学生取得的学习成果是什么？为什么要取得这样的学习成果？如何有效地帮助学生取得这些学习成果？如何知道学生取得了这些成果？如何保障让学生能够取得这些学习成果[3]？即学员学习的目标、需求、过程、评价和改进。

对医科院校本科学员，无论将来投身生命科学研究，抑或从事相关工作，定量分析都是其必备能力之一。以海军军医大学为例，以培养学员定量分析能力为主要教学目标的课程包括《医学统计学》《数理统计》及《运筹学》等。其中统计类课程以《概率论》作为基础，《概率论》中连续性随机变量的相关推导、统计中点估计的极大似然估计法以及《运筹学》中排队论、存储论的部分章节都需要微积分学知识作为基础。另一方面，如前文所述定量分析中的数学建模方法对生命科学的研究日趋重要。建立数学模型首先需要理解现代数学语言，而现代数学的基础之一便是微积分学。学员通过学习《医用高等数学》，需要明确微积分学中各类数学概念的产生背景和使用场景，并尝试对简化的问题建立数学模型。因此根据不同的目标需求，研究者将《医用高等数学》的教学内容模块化如表1所示。

表 1　《医用高等数学》课程教学内容规划

模块	教学内容	学时	教学手段	教学目标
模块 1：基础模块	函数与极限	6	课堂讲授	了解基本概念产生的背景及相关几何意义，掌握基本概念和基本性质，能够进行基本计算，为相关后续课程的学习打下坚实基础
	导数的概念、求导法则、函数的微分及中值定理与导数的应用	8		
	不定积分的概念、性质及计算	8		
	定积分的概念、性质、微积分基本定理、定积分的计算及反常积分	10		
	微分方程的基本概念，以及一阶可分离变量、一阶线性、可降阶、二阶线性常系数微分方程的求解	8		
模块 2：医用数学建模模块	血管半径对血流阻力的影响、脉管稳定流动中的血流量	2	翻转课堂	能够在简化假设下，基于常识性机制，运用组合思维的方式，建立背景不同但本质相似的数学模型
	药物排出总量的计算、胰岛素的平均浓度	2		
	放射性同位素衰变模型、药物动力学室模型	2		
	牛顿冷却模型、溶液连续稀释模型	2		
	种群增长模型、肿瘤生长模型	2		
	传染病模型	2		

3　围绕医用数学建模模块的过程、评价和改进设计

基于 OBE 理念，医用数学建模模块作为新的组成部分被引入《医用高等数学》教学中，其内容主要包含经典的医用数学建模案例。基于学员的数学基础及大部分专业课尚未开展的事实，本着“够用、适度、衔接”的原则，运用组合思维来建立数学模型。例如，在讨论“肿瘤生长模型”时，学员会想到模型中一定会出现细胞体积随时间变化速度的描述。如果学员已明了导数产生的背景，就会自然联想到模型中应包含细胞体积关于时间的导数。另一方面，如果没有外界条件限制，可以简单假设细胞增长速度正比于细胞体积；那么细胞体积关于时间的导数就应该等于（组合）细胞体积的正比例函数。这样就得到了一个简单的肿瘤生长模型。但据实际经验，随着肿瘤的增大，肿瘤细胞的生长速率（比率系数）会随着时间的增大而减小。如果把比例系数看作时间的函数，又可以简单假设其变化率与其值成正比（比例系数为负数）。运用与之前类似的方法，可以建立关于肿瘤细胞生长速率的模型。将得到的两个模型组合（联立方程组），就实现了对原模型的改进。通过练习，学员可以将这种组合建模的思维方式迁移到其他背景不同但本质相似的数学模型的建立过程中。

3.1　学习过程设计

若在教学中缺乏学员的积极主动参与、配合，将无法达到培养建模意识的目标[4]。为增强学员独立发现问题、解决问题的过程体验[5]，对医用数学建模模块的教学借鉴翻转课堂模式。于学期初，根据学员高考数学成绩，给出 3 个难度适宜的建模案例供其选择。学员确定所选案例后，按要求完成自学；并以交流展示为目的，和任课教师交流自己的创意。在交流过程中，教师应注重问题的分析过程，不过分强调结果的唯一性、正确性；随着学生猜想与探究的不断深入，可以有效激发学生的创造性动机，培养学生的发散思维[6]。由于课时所限，教师仅能选择一小部分相对优秀的学员在课堂上完成一次 15~20 min 的学习成果交流展示。参与展示的学员须在课前完成素材收集、整理、PPT 制作和演示文稿的撰写；其他学员则将收集的素材和自己的学习成果整理成报告的形式，于该案例开课前一周提交给教师。

案例开课前，教师针对该案例和参与汇报学员前期反馈的问题，通过网络向其他学员发布设计好的预习资料和相应问题。一方面让学员在内容自学的过程中带着问题去学习[7]；另一方面也为展示环节的“生生互动”创造条件。完成自学后，学员对预习问题进行解答并上传。自学过程中产生的疑问学员可在智慧树等平台留言。教师在开课前将留言汇总并记录，以备课堂讨论。

在展示环节进行过程中，教师需要不断捕捉展示过程中产生的问题，并观察台下学员的反应。在课堂讨论环节，教师针对问题进行辅导，并根据学员之前的反应补充或强化关键内容。课后，则布置与案例类似的建模练习便于学员巩固。在医用数学建模模块的教学中，教师完成了知识灌输者和权威者向教学参与者和引导者的转变，并把学习的主导地位还给学员，从而极大地发挥其主观能动性，诠释了“教育以学员为本”的内涵[8]。

3.2　评价与改进

OBE 理念倡导个性化的评价。显然，学习成果

展示或报告是一个很好的评价指标。它不仅包含参与学员对知识和技能的掌握程度，也展现了其独有的认知过程和情感态度价值观；而且指导教师也更容易从中提炼出诸如学习难点、学员关注点以及易产生理解偏差的部分等有价值的信息。这不仅可以帮助全体学员及时纠正认知，还可以帮助后续参与的学员更高效地凝练展示内容，提升展示效果，从而真正实现OBE持续改进的理念。

4 以“传染病模型”为例的教学实践

在本校所有专业中随机选取药学、中药学和生物技术专业大一本科学员作为授课对象，按第3节所述方式，以“传染病模型”为主题进行翻转课堂教学。

4.1 学情分析

学员已完成模块1的学习和考核，平均成绩84.45分，≥90分16人（占比35.56%）、80~89.99分17人（占比37.78%）。这说明总体学习效果尚可，已经掌握学习传染病模型所需的基础知识。

4.2 课前准备

参与学员充分利用网络资源获取学习资料，在已有知识结构基础上，首先自主学习经典的SI模型，包括模型背景、模型假设、具体方程及分析结论。开课前，选定的主讲学员与任课教师进行了多次交流，从中发现学员在模型建立、求解和对解的性态进行分析的过程中，对一些环节的理解仍存在偏差。教师及时对学员进行针对性辅导，并通过反馈观察其掌握情况。待学员关键点理解到位后，重新厘清讲解思路，并完成PPT的制作和讲稿的撰写。

4.3 翻转课堂实践

在课堂上，主讲学员首先给出模型假设，然后运用组合思维，通过上问下答的方式，引导台下学员一起一步步建立SI模型。在模型求解部分，由于主讲学员运用了“非常规”解法，过程比较复杂，台下学员明显出现了脱节。求解至尾声时，两位模块1学习较扎实的学员举手提出了自己的质疑，认为SI模型是指数为2的伯努利方程，直接运用公式即可。主讲学员经过短暂的回忆后表示确认。最后，主讲学员进行了解的形态分析，得出了最终所有人都会被传染的结论。这部分由于运用数形结合，较为直观。整个过程共计用时20 min。

后半节课，任课教师首先询问了台下学员的听课感受。大家普遍反映对模型建立和解的分析理解较好，但求解部分没有掌握。于是，任课教员对伯努利方程的知识点进行了简单回顾；随后启发大家关注SI模型的结论，台下学员纷纷表示所有人终将被感染与实际不符。教师进一步解释，有些传染病预后免疫力很低，病人痊愈后变成了健康者，健康者还可以被感染再变成病人；还是运用组合思维，假设病人痊愈转化为健康者的速度正比于病人数，那么只需在SI模型中扣除这一部分，就可以得到病人随时间变化的速度，这就是SIS模型。最后，任课教师请学员课下思考：对预后有很强免疫力的传染病，病愈的人既非健康者也非病人，他们退出了传染系统，此时又该如何建立模型？

5 基于反馈分析的改进方向思考

翻转教学完成后，研究者通过问卷调查的方式来收集学员反馈。共发放问卷45份，回收44份，回收率97.78%。采用Excel进行数据录入，并应用SPSS 25对数据进行分析。结合调查问卷的分析结果，医用数学建模模块的教学需在以下3个方面做进一步的改进。

第一，突出建模能力，淡化计算能力。基于模块2的教学目标，综合考虑学时、学情、医药相关专业等因素，医用数学建模模块教学内容选取应突出建模能力的培养，而淡化对学员计算能力的关注。通过对调查问卷的分析，研究者发现对本次课程主题感兴趣的学员比例高达90.91%，然而仅有65.91%的学员表示学习效果得到提升，明显低于前者。进一步，运用Mann-Whitney U检验发现学习主动性“提高”“无变化”和“降低”在“有兴趣”和“无兴趣”两个水平上无显著差异（P=0.075）。造成“有兴趣，但学习效果和主动性没有跟上”的主要原因在于无论是教员还是学员，在准备授课时都更专注于内容的完整性和推导的严谨性，而忽略《医用高等数学》总学时较少，大部分学员对于求解常微分方程的技巧掌握尚不牢固的事实，从而在课堂上产生了听讲双方的脱节，使教学效果打了折扣。因此，对于简单的计算可在课堂展开讲解，但对较复杂的计算可引入数学软件进行，让学员将更多精力放在模型的建立过程上。

第二，分组讨论，微课输出，提升学员参与度。从本次教学实践来看，虽然教员在培养主讲学员时倾注了较多精力，主讲学员也体现出了超越常规教学的知识掌握度，但课堂时间内有效交流不够充分，且总体而言，广大学员参与度不高，惠及面较窄。

通过对调查结果进行单因素方差分析，发现对知识点掌握程度“完全掌握”“部分掌握”和“没有掌握”在学习主动性“提高”“无变化”和“降低”3个水平上存在显著差异（P=0.030）。进一步，运用Scheffe法，可知主动性提高的学员平均知识点掌握程度显著高于主动性降低的学员（P=0.039）。另一方面，由卡方检验学员继续开展翻转课堂的意愿“有”和“无”在学习主动性3个水平上也存在显著差异（P<0.001）。进而运用z-检验对不同主动性学员的意愿进行两两比较，发现主动性提高的学员继续开展翻转课堂的意愿显著强于主动性无变化和降低的学员（α=0.05）。以上一系列结果提示，提升学员参与度显然将提升其学习自主性，从而提升学员对相应主题知识点的掌握程度，增强其继续开展翻转课堂的意愿，形成良性循环。因此，如何提升学员的参与度是一个值得探讨的问题。

虽然部分学员在问卷建议部分流露出对主讲学员的钦佩之情，但高达59.09%的学员明确表示拒绝或反感上讲台实践或撰写报告。一方面，大部分学员的数学基础不及本次课程的主讲学员，相对较薄弱；另一方面，医科院校学员专业课负担较重，无怪乎一名学员在问卷上直言“这是一件投入极大但性价比不高的事”。

但从调查问卷中研究者也欣喜地发现，相对于上台实践和撰写报告，对分组开展翻转课堂和教学内容以微课形式输出两项，持赞同倾向的比例分别高达77.27%和72.72%。这说明学期初应该根据学员高考数学成绩进行分组，并分配适宜的主题；各小组围绕学习目标制订计划，并根据不同学员的数学基础及专长偏好分工合作——收集学习资料、梳理学习内容、与指导教员交流、撰写讲稿、制作PPT、录制微课视频等。每位学员都能够扬长避短，不仅提升其参与度，而且提高其合作交流的能力。

第三，开展快速建模练习，强化课堂学习效果。学员完成课堂展示或递交学习报告，只能说明其对参与的主题和相关知识点有了一定的熟练度，但对其他建模方法则未必。而课后练习又极易陷入相互借鉴失去锻炼价值的境地。因此教师可在每次开课前针对本次主题设计一个模拟建模练习题，待翻转过程进行完毕，即要求所有学员在5~8 min内完成练习并提交。这不仅有利于学员快速巩固新知，而且便于教员发现问题并制订下一步学习计划；另外，还可将测试结果纳入形成性评价，这不仅丰富了评价方式，也能更客观地反映学员平时的学习情况，将其逐渐从“聚焦分数”转移到“聚焦能力”上来。值得注意的是，该提议也获得了过半数（54.55%）学员的支持。

2018年10月，教育部发布了《加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》，其中关于建设高水平本科教育的基本原则就包括“坚持学员中心，全面发展”“坚持服务需求，成效导向”和“坚持完善机制，持续改进”，这也正是OBE理念的核心。为了使《医用高等数学》教学适应现代生命科学的发展要求，研究者将OBE理念引入课程中，明确两个模块的目标需求，并围绕医用数学建模模块开展学习过程、评价和改进的设计。从教学实践来看，参与的学员数学基础知识得到了明显巩固，数学建模能力也显著加强，其他学员的学习积极性和听课效果也明显提升。而另一方面，如何与时俱进并选择适合学员的案例，在整个过程中教员如何更高效地组织、协调和引导学员切实提升其建模能力，仍需不断探索。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　李春香、王献龙、王中亮：提出论文构思、撰写论文；杨轩、王中亮：总体把关、审订论文

参考文献

[1] 熊金泉. OBE模式下案例教学法在《数值分析》课程教学中的应用探究[J]. 南昌师范学院学报(综合), 2020,41(6): 50-53.

[2] 沈璐璐. OBE理念在《高等数学》课程改革中的实践研究：以陕西能源职业技术学院为例[J]. 创新创业理论研究与实践, 2020, 3(8): 136-139.

[3] 向红军, 王金华. 基于OBE理念的抽象代数课程教学改革与实践[J]. 湖南第一师范学院学报, 2020, 20(1):77-80.

[4] 王利东, 张运杰, 高红. 微分方程教学中强化建模思想的探讨：2016全国大学生数学建模竞赛题启示[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(10): 181-184.

[5] 刘海成, 李艳凤, 代冬岩, 等. 基于“微课+翻转课堂”的高等数学混合教学实践研究[J]. 高师理科学刊, 2020, 40(1): 64-67. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9831.2020.01.015.

[6] 杨锦伟, 黄堃. 基于高等数学创新思维的创新人才培养[J]. 教育与职业, 2013(26): 132-133. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3985.2013.26.060.

[7] 李曦. 大学数学课程教学模式的实践与比较[J]. 高教学刊, 2020(35): 124-127.

[8] 石端银, 张晓鹏, 李文宇. “翻转课堂”在数学实验课教学中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(1):176-178. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7167.2016.01.045.

（收稿日期：2021-01-13）

（本文编辑：张学颖）