·教学改革·

基于教育数字化的五年制医学影像学专业医学影像技术类课程整合探索与实践

殷志杰[1]　李祥林[2]　王文[1]　王帅[1]　刘泉源[1]　荣康[2]　刘新凯[1]　张薇[2]
[1]滨州医学院附属医院放射科，滨州　256603；[2]滨州医学院医学影像学院医学影像技术教研室，烟台　264003
通信作者：李祥林，Email：xlli@bzmc.edu.cn

【摘要】 针对医学影像学专业培养方案修订对课程教学提出的新要求，基于成果导向教育理念，借助自主研发的数字化资源，以成像方法为切入点进行医学影像技术类课程整合。课程教学核心要素重新优化组合、突破课程学习的时空限制、实现多种教学方法的合理应用，完成医学影像物理学、医学影像设备学和医学影像检查技术学 3 门专业课程的知识融合，初步做到全维度、全过程的教学评价。在缩减理论教学学时的同时高质量完成教学目标，为数字化技术与医学影像学相关专业课程教学的融合提供可借鉴的依据。

【关键词】 教育数字化；　教学改革；　课程整合；　医学影像学专业；　成果导向教育
【中图分类号】 R-05
基金项目：2022 年山东省本科教学改革研究重点项目（Z2022288）；教育部产学合作协同育人项目（220606617020320）；滨州医学院 2020 年教学改革与研究项目（JYKT202007）；滨州医学院 2021 年教学改革与研究项目（JYKTSZ2021020）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20231211-01966

利益冲突　所有作者声明无利益冲突
作者贡献声明　刘成程、韩蕾、寻萌：提出论文构思、撰写论文；周晓勃、王洪亮：修改论文；王渊、刘进军：总体把关、审订论文；杨娥、王彪、王婧：数据整理

参考文献

[1] 关于医教协同深化临床医学人才培养改革的意见[EB/OL].（2014-07-14）[2024-02-01]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/s7065/201407/t20140714_178832.html.
[2] 国务院办公厅. 关于加快医学教育创新发展的指导意见[EB/OL].（2020-09-17）[2024-02-01]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2020/content_5549881.htm?ivk_sa=1024320u.
[3] 崔莹. 哈尔滨医科大学临床专业本科课程整合研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学，2015.
[4] 王丽影，文波，张艳，等. 跨学科思路下人体分子与细胞整合课程的全面建设[J]. 基础医学教育，2022，24（4）：232-235. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2022.04.02.
[5] 鲁曼，王景超，刘虹. 临床医学专业整合课程体系的设计与思考[J]. 中华医学教育杂志，2021，41（9）：780-784. DOI: 10.3760/cma.j.cn115259-20210322-00382.
[6] 魏璐，沈理，高艳虹. 器官系统整合课程在临床医学专业本科生中的教学效果分析[J]. 中华医学教育探索杂志，2022，21（1）：34-38. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200706-00726.
[7] 颜虹，王渊，刘进军，等. “基于器官系统整合课程和PBL”的全方位医学教育教学改革与实践[J]. 中华医学教育探索杂志，2021，7（10）：1123-1127.
[8] 颜虹，吕毅. 纸上得来终觉浅，培育良医需躬行：再议“泡”在临床中的沉浸式医学人才培养体系建设[J]. 医学教育研究与实践，2023，31（2）：119-120，155. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2023.02.001.
[9] 张澍，王渊，刘进军，等. 基于器官-系统整合课程的沉浸式临床医学人才培养模式创建与实践[J]. 中国医学教育技术，2022，36（5）：515-518，527. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202205001.
[10] 刘进军，王渊，张澍，等. 以胜任力为导向创建实施“全融合”临床医学人才培养新模式[J]. 医学教育研究与实践，2022，30（5）：527-531. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2022.05.001.

（收稿日期：2024-01-20）
（本文编辑：兰明娟）

Exploration and practice of course integration in medical imaging technology for a five-year medical imaging program based on education digitization

Yin Zhijie[1], Li Xianglin[2], Wang Wen[1], Wang Shuai[1], Liu Quanyuan[1], Rong Kang[2], Liu Xinkai[1], Zhang Wei[2]

[1] Department of Radiology, Binzhou Affiliated Hospital of Binzhou Medical University, Binzhou 256603, China;

[2] Department of Medical Imaging Technology, Medical Imaging School, Binzhou Medical University, Yantai 264003, China

Corresponding author: Li Xianglin, Email: xlli@bzmc.edu.cn

【Abstract】 In response to the new requirements for course instruction outlined in the revised training program for medical imaging program, this study integrated medical imaging technology courses based on the principle of outcome-oriented education and by leveraging self-developed digital resources, with imaging methods as the entry point. The core elements of the course teaching were re-optimized and reorganized to transcend the temporal and spatial limitations of course delivery, enabling the rational application of diverse teaching methods. This approach facilitated the integration of knowledge across three specialized courses, namely medical imaging physics, medical imaging equipment, and medical imaging examination techniques, and achieved full-dimensional and whole-process teaching evaluation. While reducing the number of hours allocated to theoretical instruction, the teaching objectives were achieved with high quality, providing a reference for the integration of digital technologies into the teaching of medical imaging and related disciplines.

【Key words】 Education digitalization; Teaching reform; Course integration; Medical imaging program; Outcome-oriented education

Fund program: Key Project on Reform of Undergraduate Teaching of Shandong Province in 2022 (Z2022288); Industry-University Cooperation and Collaborative Education Project of the Ministry of Education (220606617020320); Project on Reform of Undergraduate Teaching of Binzhou Medical University in 2020 (JYKT202007); Project on Reform of Undergraduate Teaching of Binzhou Medical University in 2021 (JYKTSZ2021020)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20231211-01966

《医学影像物理学》《医学影像设备学》《医学影像检查技术学》等医学影像技术类课程是医学影像学专业人才培养的专业课程[1-3]，课程的理论和实验教学主要安排在校内进行。为贯彻落实教育部等部委关于“加强医学生临床技能和医德素养的培养，落实‘早临床、多临床、反复临床’”的号召，修订了2020版医学影像学专业培养方案，将五年制医学影像学专业学生的校内学习时间由3学年改为2.5学年，原本第6学期完成的医学影像技术类专业课程教学进行提前调整。

数字化技术与教学融合，课程教学要素在物理和网络融合的空间中重新优化组合，增加学习的时空灵活性，学校扩展网络教学空间并据此推进混合教学改革[4]。本教学改革以自主研发的“医学影像虚拟仿真教学系统”为基础，将《医学影像物理学》《医学影像设备学》《医学影像检查技术学》3门课程整合为《医学影像技术概论》，基于成果导向教育（outcome based education，OBE）理念制定教学大纲，借助数字化技术完成课程的教学任务；也期待为数字化教育技术与医学影像学相关专业教学融合提供可借鉴的依据。

1 整合前的课程基本情况

2018版医学影像学专业培养方案中，规定《医学影像物理学》48学时，其中理论24学时，实验24学时；《医学影像设备学》36学时，其中理论24学时，实验12学时；《医学影像检查技术学》48学时，其中理论24学时，实验24学时。各课程教学活动均是按照X线、CT、MRI等成像方法的规划教材内容顺序独立进行，教学方法主要是传统的讲授法和演示法。理论教学存在课程间授课内容重复、知识点衔接不畅等问题，实验教学存在实验设备缺少、学习时空受限、技能训练无法保障等困境，不利于学生的专业知识融合、专业思维培养，影响教学目标的达成。

2 课程改革目标

2.1 教学目标

根据专业培养方案、参考国内相关院校的教改

经验[5-7]设置“知识目标”“技能目标”“素质目标”3方面26个教学目标(表1)。

2.2 课程整合目标

根据成像方法整合课程。梳理《医学影像物理学》《医学影像设备学》《医学影像检查技术学》3门课程知识点,整合成X线、CT、MRI 3种成像方法的原理、设备和检查技术知识融合的《医学影像技术概论》。根据教学目标安排64总学时,理论46学时,实验18学时。

3 课程改革设计

3.1 学情分析

根据教学计划和课程关系安排授课学期。授课安排在第4学期,前修课程《系统解剖学》为医学影像检查技术学、《医用物理学》《计算机基础》为医学影像设备学的授课打下基础,同期课程《病理学》《断层解剖学》为医学影像物理学特别是磁共振成像原理提供医学知识支撑,最后通过后续课程《医学图像处理》的学习达成医学影像技术学完整知识体系的构建。

3.2 教学内容和学时分配

教学内容设置是改革的重点和难点。教学内容分为X线、CT、MRI和综合技能4部分,其中前3部分均包含成像方法的原理学、设备学、检查技术学课程整合,综合技能部分是3种成像方法的实践应用探究。梳理知识点根据教学目标、学情和数字资源分为课堂教学、自学+教师答疑、翻转课堂3种学习方式(表2)。

3.3 数字资源和教学活动

3.3.1 数字资源的建设

为解决医学影像相关专业实践教学困境,提升实践教学质量,学校自2018年开始研发虚拟仿真教

表1 《医学影像技术概论》教学目标

知识目标	技能目标	素质目标
归纳DR、CT、MRI基本成像原理	实施DR、CT、MRI检查室的场地认知与设计	具有职业素养与职业道德
归纳DR、CT、MRI设备的基本结构与组件功能	进行DR、CT、MRI设备的整机操作	具有医学影像精神
归纳DR、CT、MRI室的布局与功能	判断DR、CT、MRI检查适应证	具有人文关怀意识
归纳DR、CT、MRI技术优势和适应证	完成DR、CT、MRI检查流程	具有大国工匠精神
归纳DR、CT、MRI基本成像方法、检查流程和注意事项	分析与解决问题能力	具有数字素养
归纳DR、CT、MRI图像质控的基本方法	批判与创新思维能力	
复述MRI特殊成像序列	自主学习能力	
复述DR、CT、MRI设备的工作原理	数字化工作能力	
复述DR、CT、MRI场地规划的技术要点	团队合作能力	
复述DR、CT、MRI设备使用的规范步骤		
描述DR、CT、MRI设备的安装流程		
描述DR、CT、MRI设备性能检测方法		

表2 教学内容和学时分配

知识分类	知识单元	教材内容	学时分配		学习方式
			理论	实践	
第一部分X线	DR成像原理	《医学影像物理学》第一章X射线物理、第二章X射线成像	4		课堂教学+自学
	DR设备	《医学影像设备学》第一章绪论 第二章X线发生装置 第一节X线管、第二节高压发生器 第三章普通X线设备 第一节基本结构 第四章数字X线设备 第一节综述、第三节数字X线设备	2	2	课堂教学+自学
	DR检查技术	《医学影像检查技术学》第二章X线检查技术	4	2	课堂教学+自学
第二部分CT	CT成像原理	《医学影像物理学》第二章X射线成像	6		课堂教学+自学
	CT设备	《医学影像设备学》第五章X线计算机体层成像设备	2	4	课堂教学+自学
	CT检查技术	《医学影像检查技术学》第三章CT检查技术	6	2	课堂教学+自学
第三部分MRI	MR成像原理	《医学影像物理学》第五章核磁共振物理、第六章磁共振成像	12		课堂教学+自学
	MRI设备	《医学影像设备学》第六章磁共振成像设备	2	4	课堂教学+自学
	MRI检查技术	《医学影像检查技术学》第四章MRI检查技术	8	2	课堂教学+自学
第四部分综合技能	医学影像检查综合应用	以成果为导向的X线、CT、MRI综合实践技能应用		2	翻转课堂
合计			46	18	

学软件，将现代数字技术融入医学影像实验教学中[8]。至2021年底，已建成包括1个独立“医学影像中心VR教学系统”，3个设备结构医学影像设备学虚拟仿真教学软件，3个设备性能检测医学影像设备学虚拟仿真教学软件，3个医学影像检查技术学虚拟仿真教学软件，1个“医学图像处理教学系统”等医学影像技术类虚拟实验课程在内的16个教学软件组成的“医学影像虚拟仿真教学系统”，教学系统初始界面见图1。

3.3.2　数字资源的教学应用

“医学影像中心VR教学系统”搭建DR检查室、CT检查室、MRI检查室等36个教学场景，设计检查室功能认知、场地认知、设备结构与功能认知、成像原理和实训操作等18个教学内容，通过设置导航地图、引导员、菜单栏等各种学习引导帮助学生自学，完成职业启蒙、基本成像原理自学、以成果为导向的翻转课堂教学示范等教学任务。

“DR设备结构虚拟仿真教学系统”“CT设备结构虚拟仿真教学系统”“MRI设备结构虚拟仿真教学系统”3个医学影像设备学虚拟仿真教学软件，构建完整数字教材体系：实验软件、教学指导手册、实训指导手册、教学PPT、引导视频和操作视频。实验内容涵盖DR、CT、MRI的检查室场地认知与防护设计、设备组件的结构与功能认知、整机组装与安装操作、检查操作与注意事项等医学影像设备学全部重点知识，共27个实验单元。教学软件中设置有导航地图、引导员、菜单栏等各种学习引导帮助学生自学；同时基于数字化技术优势，改变传统课堂教学、演示法，运用虚拟仿真教学、理论实验一体化教学和线上线下混合教学（表3）。



图1　医学影像虚拟仿真教学系统初始界面

表3　教学方法的设计与预期效果

教学方法	教学设计	预期效果
虚拟仿真教学法	学生通过计算机登录教学系统，在虚拟实验情景中进行DR、CT和MRI检查室的场地和设备功能认知，人机互动完成DR、CT和MRI的设备三维结构演示与组装、检查操作	不受实验设备、场地、时间的限制，解决难以开展实验的困境，并进行实验内容的拓展和延伸
理论实验一体化教学法	实验操作前，教师应用PPT讲解实验内容对应的理论知识；实验过程中，以教学系统中的设备结构展示和互动操作为导入点，以教材内容为支撑解析设备功能和工作原理，将抽象的理论知识与实验操作有效结合；实验结束后，根据系统的教学数据反馈进行学习效果评价和教学方案调整	理论指导实验，实验产生新知，提高学生的理论水平和实践应用能力
线上线下混合教学法	课前在线预习—课堂重点讲解—课堂在线实验操作—课堂在线测试—课堂讨论答疑—课后反复练习	培养学生自主学习能力、规范实验操作能力、发现与解决问题能力、创新思维能力

“DR 检查技术虚拟仿真教学系统”“CT 检查技术虚拟仿真教学系统”“MRI 检查技术虚拟仿真教学系统”3 个医学影像检查技术学虚拟仿真教学软件，构建了《医学影像检查技术学》中 X 线、CT、MRI 3 种成像方法的全部器官检查技术实验内容。课前学生应用虚拟仿真教学系统在线完成教师基于《医学影像检查技术学》教材内容布置的学习任务；课中教师对重点、难点内容进行梳理，以常见检查项目为例详解成像方法的技术优势和适应证、检查流程、检查技术要点、注意事项以及图像质控标准，布置课程自学内容；课后学生应用虚拟仿真教学系统完成课程内容的自主学习和拓展学习，教师依据教学系统的教学数据反馈及时进行学生的学习效果评价和教学方案的调整。

4　教学评价

4.1　设置多维度考核体系，完善课程成绩构成

为更客观、科学地反映学生的学习效果和教学目标完成情况，在课程成绩中提高实验成绩占比、增加以成果为导向综合实践成绩，期末考试成绩占比为 50%、实验成绩占比为 30%、综合实践成绩占比为 10%、作业成绩占比为 10%。

4.2　应用数字化技术，实现全维度、全过程教学评价

4.2.1　基于数字化技术的教师授课线上评价

每位教师理论授课完成后，学生可借助线上评教系统以不记名的形式对教师授课情况进行“教学规范”“教学内容”“教学方法”“教学效果”4 个方面 20 个指标的评价，给出“优秀”“良好”“合格”“不合格”不同评估等级。

4.2.2　基于虚拟仿真教学软件的实验教学自动评价

所有实验教学软件均可记录学生实验学习的次数、时长，方便教师掌握学生“学习积极性”“学习状态”等学习情况，初步实现对学生的个性化评价和学习指导。

医学影像检查技术学和医学影像设备学虚拟仿真教学系统分为学习模式和考核模式。学习模式的每个实验单元中均设计有形成性测试题，帮助学生巩固重点知识；实验结束后，系统会自动反馈实验学习情况，给予学生个性化评价。考核模式会对学生的理论知识水平和操作技能给予评价，给出实验成绩、实验内容掌握程度等数据。

4.2.3　基于自主题库建设的线上期末考试

借鉴人民卫生出版社中国医学教育题库建设经验，根据课程教学大纲应用数字化技术建设《医学影像技术概论》题库，完成期末考试的试题管理、智能组卷、考试数据分析和评价反馈等功能。

5　教学效果

2021 级医学影像学专业的 121 名学生采用《医学影像技术概论》完成医学影像技术类课程的学习，对学生课程成绩和问卷调查数据进行分析，结果显示教学目标有效完成。

课程总评成绩 80 分以上的学生占比为 16.53%（20/121），70～79 分的学生占比为 75.21%（91/121），不及格的学生占比为 7.44%（9/121）。期末考试成绩 80 分以上的学生占比为 14.88%（18/121），知识点掌握程度为 75.02%；实验成绩 27 分以上的学生占比为 73.55%（89/121），考核中理论知识的答题准确率为 80.12%，操作考核准确率为 85.21%；综合实践考核中 PPT 汇报评级优秀的学生占比为 19.83%（24/121），评级良好的学生占比为 23.14%（28/121），评级中等的学生占比为 45.45%（55/121），评级不合格的学生占比为 6.61%（8/121）。

对学生在 10 个方面的学习效果进行满意度问卷调查，结果显示，“掌握 DR、CT 和 MRI 检查的基础知识”“增强职业认知、提升执业信心”“数字化技术的应用显著提升课程的学习效果”满意率最高，为 98.35%（119/121）；“实现了医学影像成像原理、设备学和检查技术学的知识融合”满意率最低，为 95.04%（115/121）；整体满意率为 97.19%，见表 4。

6　结语

数字技术的应用使得《医学影像技术概论》教学场景的时空极大拓展，教学活动更加开放，为医学影像技术类课程的整合、专业理论知识的融合、实践教学水平的提升、多种形式混合教学的开展及全维度教学评价的应用提供了资源支持和技术保障，确保课程改革目标的完成。但在教学应用中，数字化技术与教学的融合应注意以下问题：①各种数字资源的设计和建设风格应基本一致，可提升学生学习软件操作的效率。本教改中应用的数字资源有 3 类 12 种实验项目，每类实验教学软件的设计逻辑和构建框架基本一致，学生学习软件操作的平均时间为 26 min，减轻了学习负担。②增加数字资

表 4　《医学影像技术概论》课程学习效果满意度调查表（n=121）

学习效果	非常同意	同意	不确定	不同意	非常不同意	满意率（%）
课程设置合理，知识成体系、逻辑清晰	76	42	3	0	0	97.52
教学内容全面，难易适中	80	37	4	0	0	96.69
掌握DR、CT和MRI检查的基础知识	75	44	2	0	0	98.35
能完成DR、CT和MRI检查的基本操作	79	38	3	1	0	96.69
实现了医学影像成像原理、设备学和检查技术学的知识融合	77	38	4	2	0	95.04
激发了学习、研究医学影像技术的兴趣	73	44	4	0	0	96.69
增强职业认知、提升执业信心	82	37	2	0	0	98.35
数字化技术的应用显著提升课程的学习效果	84	35	2	0	0	98.35
自主学习能力得到了提高	85	33	3	0	0	97.52
创新思维能力得到了培养	75	42	4	0	0	96.69
整体满意率						97.19

源学科知识图谱的建设，为学生开展自主学习提供便利[9-10]。本教改中应用的数字资源未用到知识抽取技术和语义链接技术，知识点之间缺少关联，无法为学生深度自主学习提供技术支持。③提升教师数字素养[11-12]，强化教师数字技术融入教学的意识和能力。本教改中部分教师存在“重建设、轻应用”的倾向，表现为教学过程中没有运用教学软件的反馈数据为学生提供个性化学习指导，未充分发挥数字资源的教学辅导优势。④强化数字资源应用前的软件测试，发现问题及时与研发人员沟通。本教改中初代医学影像设备实验教学软件采用镜头运动方式切换虚拟场景，导致少数学生有眩晕感，对虚拟实验教学产生抵触甚至恐惧心理，经研发人员调整为虚化画面后切换场景，解决相关问题。⑤掌握数字资源的运行要求，保障教学质量。数字化教学和传统教学一样，应对教学设备有充分了解，计算机性能状态和网络状态是数字化教学顺利完成的直接影响因素，授课教师需在教学前做好应急预案、教学中做好必要指导、教学后做好分析总结。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　殷志杰：教改方案实施、论文撰写；李祥林：教改方案设计、论文修改；王文、王帅、刘泉源：教学方法设计、教学运行；荣康：数字资源设计、软件测试组织与实施；刘新凯、张薇：学习数据收集、整理与分析

参考文献

[1] 童家明. 医学影像物理学[M]. 5 版. 北京：人民卫生出版社，2022.

[2] 韩丰谈. 医学影像设备学[M]. 5 版. 北京：人民卫生出版社，2022.

[3] 李真林，于兹喜. 医学影像检查技术学[M]. 5 版. 北京：人民卫生出版社，2022.

[4] 联合国教科文组织高等教育创新中心（中国深圳），清华大学教育研究院. 高等教育教学数字化转型研究报告[EB/OL].（2022-05-04）[2023-09-25]. https://www.ichei.org/Uploads/Download/2022-05-06/6274833408a85.pdf.

[5] 颜泽栋，郭伟，刘娟，等. 生物医学工程专业开展大型医学影像设备计量教学的对策分析[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(5)：689-693. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210411-01274.

[6] 时寅，祝因苏，赵宇，等. 以岗位胜任力为导向构建医学影像人机对话教学与考试系统[J]. 中华医学教育探索杂志，2020，19(2)：230-233. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2020.02.026.

[7] 彭新桂，赵振，卢瞳，等. 以器官系统为中心的课程设计在培养医学影像专业岗位胜任力中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2021，20(9)：961-964. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20191230-00605.

[8] 李祥林，王帅，殷志杰，等. 磁共振成像设备性能检测虚拟仿真教学系统的构建与应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2022，21(12)：1681-1686. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200611-01107.

[9] 顾小清，张乐乐. 教育数字化转型时代数字教材的建设方向与发展路径[J]. 大学与学科，2022，3(4)：82-89.

[10] 吴永和，颜欢，陈宇晴. 教育数字化转型视域下的新型教材建设及其标准研制[J]. 现代远程教育研究，2023，35(5)：3-11，21. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5195.2023.05.001.

[11] 袁振国. 教育数字化转型：转什么，怎么转[J]. 华东师范大学学报（教育科学版），2023，41(3)：1-11. DOI: 10.16382/j.cnki.1000-5560.2023.03.001.

[12] 程祺峻，黄春基，何勇涛. 国内外高等教育数字化转型研究热点与趋势的比较研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(9)：1287-1294. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021.

（收稿日期：2023-12-11）

（本文编辑：唐宗顺）