

X 射线诊疗创新平台助力医学物理本硕博学生培养

戎军艳^{1,2} 高 鹏^{1,2} 刘天帅^{1,2} 张文立^{1,2} 李汪洋^{1,2} 刘 洋^{1,2} 卢虹冰^{1,2}

(¹ 空军军医大学军事生物医学工程学系, 陕西 西安 710032;

² 陕西省生物电磁检测与智能感知重点实验室, 陕西 西安 710032)

摘 要 实践教学是提升医学物理人员专业能力和职业素养的重要环节。本文探索一种基于 X 射线诊疗科研创新平台开展医学物理人才培养的实践教学新模式。通过分析 X 射线诊疗平台的优势, 结合学生课题研究 with 能力培养, 总结培养经验。研究表明学生通过直接参与 X 射线诊疗平台开发与应用, 培养了程序设计与分析、实验设计与动手、科研思维与创新、社会协作与协调能力。所提实践教学模式能教研相长, 为培养高素质医学物理学生创新实践能力提供了新的思路。

关键词 X 射线诊疗平台; 医学物理; 学生培养; 实践教学

INNOVATIVE PLATFORM FOR X-RAY DIAGNOSIS AND TREATMENT HELPS CULTIVATE UNDERGRADUATE, MASTER'S, AND DOCTORAL STUDENTS IN MEDICAL PHYSICS

RONG Junyan^{1,2} GAO Peng^{1,2} LIU Tianshual^{1,2} ZHANG Wenli^{1,2} LI Wangyang^{1,2}
LIU Yang^{1,2} LU Hongbing^{1,2}

(¹ School of Military Biomedical Engineering, Air Force Medical University, Xi'an, Shaanxi 710032;

² Shaanxi Provincial Key Laboratory of Bioelectromagnetic Detection and Intelligent Perception, Xi'an, Shaanxi 710032)

Abstract Practical teaching is an important link in enhancing the professional abilities and professional qualities of medical physics talents. This paper explores a new practical teaching model for cultivating medical physics talents based on an X-ray diagnosis and treatment scientific research and innovation platform. By analyzing the advantages of the X-ray diagnosis and treatment platform, combined with student research projects and ability development, the training experience is summarized. The study shows that students have developed programming design and analysis, experimental design and hands-on skills, scientific research thinking and innovation, and social collaboration and coordination abilities through direct participation in the development and application of the X-ray diagnosis and treatment platform. The proposed practical teaching model can mutually reinforce the teaching and scientific research, providing new ideas for cultivating high-quality medical physics students' innovative practical abilities.

Key words X-ray diagnosis and treatment platform; medical physics; student cultivation; practical teaching

收稿日期: 2024-08-18

基金项目: 国家自然科学基金, 12275355, 融合 X 射线剂量-光产额优化体系的 XLCT 精确发光模型研究。

作者简介: 戎军艳, 空军军医大学军事生物医学工程学系副教授。

通信作者: 卢虹冰, 空军军医大学军事生物医学工程学系教授, luhb@fmmu.edu.cn。

引文格式: 戎军艳, 高鹏, 刘天帅, 等. X 射线诊疗创新平台助力医学物理本硕博学生培养[J]. 物理与工程, 2024, 34(5): 121-126, 197.

Cite this article: RONG J Y, GAO P, LIU T S, et al. Innovative platform for X-ray diagnosis and treatment helps cultivate Undergraduate, Master's, and Doctoral students in medical physics[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(5): 121-126, 197. (in Chinese)

1 背景介绍

医学物理学是把物理学的原理和方法应用于人类疾病的预防、诊断、治疗和保健的一门交叉学科^[1]。该学科综合了物理、数学、工程、计算机、人工智能、医学、生命科学等学科领域,包含放射治疗物理、医学影像物理、核医学物理、放射生物物理、放射防护物理、放射工程物理 6 个专业方向^[2]。医学物理主要就业方向包括与医学成像和物理放射治疗相关的科学研究、技术开发、医疗服务、教学培训,在临床上支撑了医院影像科、核医学科、放射治疗科等医疗设备的质量控制、安全运行,新型诊疗技术研发以及治疗方案质量和效率的提升等,对推动现代医疗科技进步和提升人民生命健康发挥着不可替代的作用^[2-5]。

医学物理学的发展需要大量的高素质人才,国外已有成熟的医学物理师培养体系,然而,我国医学物理学仍处于发展的初期,医学物理人才培养数量、质量和专业水平面临着极大挑战^[2,4-9]。相较于欧美发达国家的医师物理师比例接近 1:1,我国 2018 年同期为 3.5:1,医学物理师仍有很大大的人才缺口^[9]。由于国内医学物理师教育体制不够健全,教育资源和培训规范性与国际差距较大,部分医学物理师能力欠缺,就业难度大,难以满足实际需求^[4]。尽管近十年该领域已通过优化专业培养大纲^[6,10,11]、创新培养模式^[12,13]、增强临床培训^[14,15]、融入科研活动^[16]等多举措提升医学物理人才专业水平,但是医学物理学科涉及学科广、专业要求高,学生需要较高的实践与创新能力^[2]。

实践教学是提升医学物理人员专业能力和职业素养的重要环节。目前医学物理实践教学主要通过实验教学、医院实习或培训完成,即通过与企业或医院合作,购置软硬件教学平台或组织学生观摩或参与临床活动得到医学物理在实际应用的感性认识^[6,12]。本文探索并提出一种基于 X 射线诊疗科研创新平台开展医学物理人才培养的新模式。该模式将课题组 X 射线诊疗平台研究与医学物理方向学生培养相结合,以平台研发和应用为基础,以学生课题研究内容为核心,提升本硕博不同层次学生的能力素养,为我国医学物理人才培养提供一定的借鉴作用。

2 X 射线诊疗平台的演进

X 射线诊疗平台是以 X 射线为作用媒介对生物体进行成像和治疗的平台。X 射线具有高穿透性与准直可控性,使 X 射线诊疗平台具有深部组织成像、精准治疗等优势。X 射线诊疗平台包括用来产生 X 射线的 X 射线源、用于进行信号探测的探测器、用于放置生物样本的样品台、用于调整样品或 X 射线源位置的运动控制单元、用于屏蔽 X 射线辐射的屏蔽室与辅助装置。近年来随着 X 射线源、探测技术与纳米材料的发展,X 射线诊疗实验平台取得了很多创新成果。在成像方面,除了传统的 X 射线二维摄影、三维 CT 结构成像外,诞生了 X 射线发光成像(X-ray luminescence imaging, XLI)及 X 射线发光断层成像(X-ray luminescence CT, XLCT)、X 射线荧光断层成像等新的分子影像模态。在治疗方面,除了癌症三大治疗手段之一的 X 射线放射治疗(简称放疗)之外,诞生了与放疗联合的免疫治疗、化疗等多模态治疗手段,可以获得更优的治疗效果同时降低对正常组织的辐射损伤。由此,X 射线诊疗平台已经发展成为融合多模态成像与多模态治疗于一身的多功能诊疗工具,也为依托此类平台强化医学物理人才实践能力提供了可能。

在国家多项课题、实验室建设经费等支持下,课题组于 2012—2019 年间共开发了 5 套 X 射线诊疗平台系统(图 1),分别为 Micro-CT 成像平台、Micro-CT/XLCT 双模成像平台、225kV-X 射线治疗平台、X 射线短波红外成像平台、160kV-X 射线诊疗一体化平台。通过上述平台的开发,构建了包含高分辨 CT、XLCT、短波红外成像与 X 射线治疗功能的实验平台,实现了从结构到分子影像,从成像到诊疗一体的多功能演变。表 1 简单列出了 5 套平台的主要功能和特色。

3 依托 X 射线诊疗平台对学生的培养

在平台研发与演进过程中,涉及系统设计、控制开发、性能测试、诊疗方法、平台应用等研究或开发工作。学生在其中发挥了重要的作用,目前依托平台完成的毕业选题共 16 项(表 2),包括已经毕业的本科生 6 名、硕士 6 名、博士 4 名。正在开展的毕业选题 6 项,包括在读硕士研究生 2 名,博士研究生 4 名。

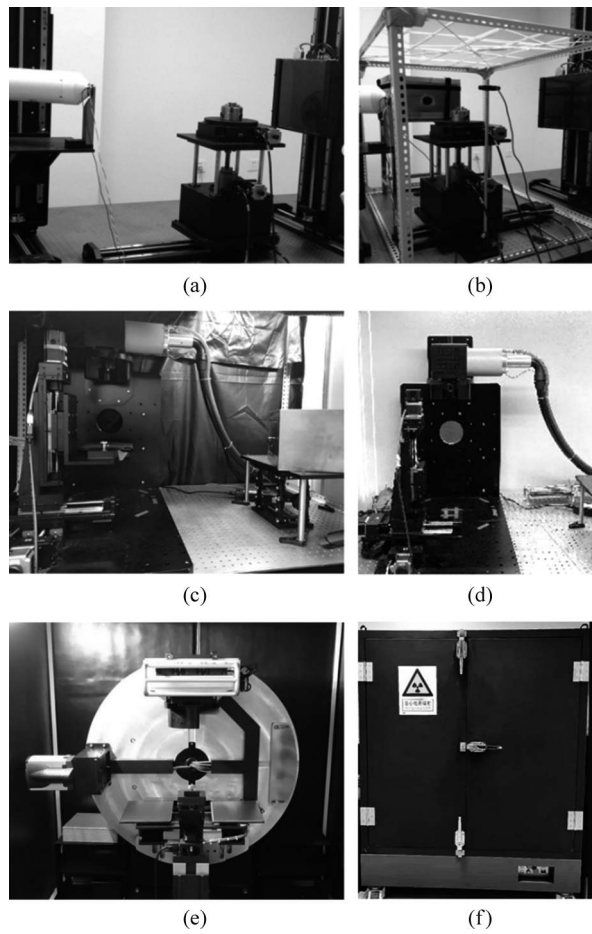


图1 X射线诊疗实验平台

(a) Micro-CT 成像平台；(b) Micro-CT/XLCT 双模成像平台；(c) X射线短波红外平台；(d) 225kV-X射线治疗平台；(e)~(f) 160kV-X射线诊疗一体化平台内部与外观

表1 X射线诊疗实验平台主要功能与特色

X射线诊疗实验平台	主要功能	主要特色
Micro-CT 成像	X射线摄影、锥束CT成像	大视野、分辨率高
Micro-CT/XLCT双模成像	X射线摄影、锥束CT成像、(X射线)发光断层成像	结构/功能双模成像、成像速度快、低剂量
X射线短波红外成像	(X射线)短波红外成像	深部组织光学成像
225kV-X射线治疗	放疗、放疗联合治疗	多模态治疗、低剂量
160kV-X射线诊疗一体化	X射线摄影、锥束CT成像、影像引导放疗、放疗联合治疗	活体、诊疗一体、低剂量

表2 与X射线诊疗实验平台相关的学生毕业选题

年度	毕业论文题目	学生层次
2012 年	Micro-CT 系统的设计及校正	本科
2017 年	锥束 X 射线激发荧光/CT 双模同步控制系统开发及成像实验研究	
2018 年	高分辨 Micro-CT 成像控制系统开发与剂量测定	
2022 年	基于 Micro-CT 影像的 X 线诊疗纳米粒 NaLuF ₄ :Gd 在体分布研究	
2023 年	基于 X 射线能量调制的 X 射线发光效率和剂量模拟	
2024 年	面向小动物活体成像的 CB-XLCT/CT 双模成像控制系统设计实现	硕士
2013 年	低剂量 CT 成像与稀疏角度重建研究	
2016 年	锥束 X 射线发光断层成像系统搭建及高精度成像研究	
2021 年	基于投影噪声模型的 CB-XLCT 定量成像研究	
2022 年	X 射线激发短波红外成像平台及其性能研究	
2024 年	基于神经辐射场和几何信息深度融合的稀疏角度锥形束 CT 重建方法研究	博士
2024 年	X 射线辐照参数影响 X-PDT 抗癌作用评估及优化	
2018 年	锥束 X 射线激发光学断层成像模型及重建算法研究	
2019 年	基于 β-NaREF ₄ :Ln ³⁺ 纳米粒-光敏剂耦合系统构建及其在 X 射线激发光动力学治疗中的应用	博士
2020 年	高分辨率锥束 X 射线发光断层成像方法研究	
2023 年	基于双掺杂 NaLuF ₄ 纳米耦合体系的 X-PDT 抑瘤参数优化与机制探究	

3.1 对本硕博学生能力的培养与培养效果

1) 程序设计与分析能力

X 射线诊疗平台控制开发与数据处理均需要有良好的程序设计与分析能力。团队以学生为

主,利用 VC、Matlab、Python 等软件平台,自主开发了 CT 采集、双模成像采集、三模成像采集、双模同步采集、投影处理、锥束 CT 解析重建、统计迭代重建、荧光断层/CT 深度重建、低剂量 CT/XLCT 重建、多模态影像融合等软件算法模块,锻炼了学生的程序设计与开发能力,使其积累了丰富的程序设计经验,增强了算法设计与数据分析能力。

2) 实验设计与动手能力

X 射线诊疗平台提供的高精度 X 射线设备和完善的实验环境,为学生提供了大量动手操作的机会。从设备的安装调试、参数设置到图像采集与处理,每一步都需要学生亲力亲为。这不仅锻炼了他们的实验操作技能,还培养了他们在复杂环境中解决问题的能力和团队协作能力。除了这些基本的实验操作,学生在开展动物或细胞实验时需要制定严谨详实的实验方案,特别是影响因素多、周期较长的实验,对照分组多,学生需要考虑全面,通常需要参考文献中的实验细节,在这个过程中学生培养了扎实的实验设计与动手能力,也从实践中学会了科学研究的方法。

3) 科研思维与创新能力

X 射线诊疗实验平台不仅是实践教学的场所,更是科研创新的摇篮。平台汇聚了丰富的科研资源和先进的实验技术,为学生提供了广阔的探索空间。通过参与科研项目、设计实验方案、分析实验数据等过程,学生能够在实践中发现问题、解决问题,从而激发对科研的兴趣和热情。同时,X 射线诊疗实验平台为学生提供了跨学科合作的机会,鼓励学生与计算机科学、材料科学、医学影像学、基础医学等领域的专家学者共同探索 X 射线技术的新应用和新方向,这有助于培养学生的创新思维和跨学科整合能力。此外,平台向诊断设备、诊疗设备、诊疗一体化等产业化转化前景为学生提供了产学研示范作用,为学生未来职业发展提供了丰富的资源与广阔的视野。

4) 社会协作与协调能力

在 X 射线诊疗平台开发与应用过程中,涉及软硬件开发、多人协同合作、多学科交叉等任务,学生需要与厂商、组员、导师等不同角色及专业的人员密切沟通,学会如何在团队中发挥自己的作用,理解各自职责的重要性,确保研究任务的顺利进行,这种经历有助于他们培养团队合作精神,提升他们的沟通与协调能力。同时,在团队协作中,

难免会遇到意见不合或冲突的情况,通过参与解决这些冲突,学生可以学习到有效的冲突解决策略,从而进一步提升他们的社会协作能力。通过完成承担的任务,学生会逐渐培养出良好的职业素养与负责任的态度,不断提升自己的科研和人文素养。

综上,学生通过直接参与平台开发与应用,积累了丰富的科研和工程经验,培养了程序设计与分析、实验设计与动手、科研思维与创新、社会协作与协调等多方面能力。依托 X 射线诊疗平台,由学生负责或作为核心人员参与的成果有:授权专利 17 项,其中发明专利 14 项;获批软件著作权 11 项;发表文章 40 篇。围绕 X 射线诊疗平台开发与应用,组织学生参加的全国大学生生物医学电子创新设计竞赛、计算机设计大赛等各类竞赛获奖 6 项,其中“X 射线激发光学断层快速成像软件系统开发”获全国大学生生物医学电子创新设计竞赛一等奖,“CB-XLCT/CT 深部组织双模分子影像系统开发及成像研究”获陕西省研究生创新成果展一等奖。

3.2 基于实验平台培养学生的一点经验

1) 结合国家重大需求使学生认清工作的意义

X 射线诊疗平台是研究癌症等难治性疾病诊疗新技术的重要和先进工具,持续提升其性能与基于此开展的研究工作有利于推动生命健康领域发展,支撑“健康中国 2030”政策目标。可以引导学生通过学习医学物理前辈默默耕耘的光荣事迹,阅读文献跟踪前沿进展,参加学术会议等,了解该方向在产业、临床、基础等各界的现状,找准当前存在的问题和挑战,从而确定合适的选题,认清研究的意义,努力为该领域的发展贡献个人的智慧。

2) 为不同层次的学生设计不同的科研任务

由于医学物理方向本、硕、博等不同层次的学生专业基础与培养目标不同,对其任务分工也应有所区别。本科阶段的培养目标主要侧重于基础知识的积累和实践能力的培养,硕士阶段是在本科基础上进一步深化和拓展,注重专业知识的系统学习和研究能力的培养,而博士阶段则更加专注于学术创新和研究能力的提升,培养医学物理领域的顶尖人才。围绕上述目标,对本科生主要以进行毕业设计或参加竞赛,开展与平台功能与

科研任务相关的控制程序开发、性能测试、实验研究与数据处理,以此加深本科阶段程序设计、医学成像、放射防护、图像处理等课程基础知识的理解,锻炼学生的编程能力、动手实践能力。对硕士研究生,主要围绕毕业课题开展平台应用与学术研究,解决平台应用中需要调整或调试的复杂问题,开展针对特定科学问题的方法学或实验规律研究,加强学生对医学物理领域专业知识和技能的深入理解运用,培养其独立研究、分析和批判性思维以及能够解决复杂问题的能力。对博士研究生,则以学术创新研究为主,在对本学科的最新进展和发展趋势有深入理解的前提下,创造性提出X射线诊疗相关的新模型、新方法、新策略、新机制,使其具备独立从事科学研究工作的能力,能够创造性地研究和解决本学科中的有关理论和实际问题,在科学或专门技术上作出创造性的成果。表2中的选题均遵循如上原则。

3) 结合学生兴趣与基础安排科研任务

X射线诊疗平台可以支撑医学影像、放射治疗、放射生物、放射防护等多个研究方向,从研究内容上也可以侧重或理论或实验研究。导师可引导学生综合课题组的主要方向、个人兴趣与专业基础确定具体的课题内容和目标,在课题实施中遇到困难时也可以有其他尝试。如表2中学生选题均是考虑了上述因素顺利完成的。课题研究过程中也有学生会调整选题,例如有一名做理论算法的硕士研究生发现更适合做平台调试与实验研究,及时调整为“X射线激发短波红外成像平台及其性能研究”,最后同样顺利完成了课题研究,同时帮助课题组完成了X射线短波红外平台的调试与性能的测试。

4) 处理好已有工作基础与新任务的关系

在多年的研究积累中,课题组已具备一定的研究基础和平台基础。为了使研究工作更加深入,后期发展一方面需要保持原有工作的延续性,另一方面需要寻求新的突破。为此,团队会经常评估已有工作基础,梳理核心成果,包括关键技术突破、实验数据积累、理论模型构建等,分析这些成果在学术界和工业界的影响,以及它们对未来研究的潜在价值;同时评估现有科研团队的能力结构、实验设备、经费支持等关键资源,制定整合与创新策略,开展新任务研究,包括整合现有科研团队的能力结构,确保团队成员能够各展所长、协

同作战;优化实验设备的使用效率,合理安排实验时间,确保新任务的研究工作能够顺利进行;探索新的研究方法和技术手段,关注国内外相关领域的研究进展和动态,积极引入新的理论模型、实验技术等创新元素;持续优化与调整,解决医学物理领域内的老问题或新问题。

5) 注意阶段性工作成果的总结

对于各个层次的学生均可以在完成一个比较系统的工作之后对结果进行总结,形成不同的成果。在这个过程中可以锻炼学生科研思维、材料组织和论文撰写能力,学生也会有一定的成就感。对于本科生,主要以软件著作权、中文核心以及备战竞赛为主,对于硕博生,主要以发明专利、SCI论文、学术会议报告为主。

4 总结与讨论

X射线诊疗实验平台在助力医学物理方向本硕博学生培养中发挥了重要的作用。它不仅是理论知识与实验操作的桥梁,更是科研创新与临床应用的结合点。通过深度参与平台的研发和实践,包括控制系统开发^[17,18]、实验研究^[19]、诊疗方法学研究^[20-22]等,学生可以掌握扎实的专业知识和实验技能,提高科研创新能力和临床思维能力,为未来的学术研究和职业发展奠定坚实的基础,毕业学生大部分去往高校、医院与高端医疗设备企业工作。相较于医学物理现有实践教学中多使用成熟的诊疗设备,学生尽管有感性认识,但是缺少深度参与感和真正实战机会^[6],本文中采用的方法使学生通过课题研究能够真正融入平台开发与应用中,成为平台研发的主人,更能激发学生的积极性和创造力。

X射线诊疗实验平台是一种快速发展的新质生产力,对推动行业发展具有重要作用。近年来低剂量射线成像技术、基于人工智能的图像生成与疾病诊断技术、X射线能谱探测与成像技术、冷阴极X射线碳纳米管、钙钛矿基半导体探测器、高生物安全性纳米材料等得到快速发展,为X射线诊疗平台和技术创新提供了良好的生态。围绕X射线诊疗平台开展的课题研究和学生培养能够促进教研相长,基于X射线诊疗平台在培养高素质医学物理人才的同时亦能够推动平台的持续创新。希望本文基于科研创新平台培养学生的思路

能为高素质医学物理人才培养提供一定的借鉴作用。

尽管基于科研创新平台研发培养学生是一种新的实践教学模式,但是该种方式给教师和学生也带来了一定的挑战,首先,平台研发和课题研究中存在很多未知的因素,学生投入时间难以预估。其次,对导师也提出了更高的要求,老师需要具备深厚的专业知识和广阔的学术视野,确保选题的科学性和创新性,引导学生解决复杂问题。以上是挑战也是机遇,只有探索未知的事物才能突破已有的知识架构,才可能有新的发现,因此无论对学生还是教师均需要保持精进、创新、合作的态度,共同推动医学物理学科和专业的发展。

参 考 文 献

- [1] 胡逸民. 中国医学物理学的过去、现在与未来[J]. 物理, 2007, 36(1): 51-4.
HU Y M. The past present and future of medical physics in China[J]. Physics, 2007, 36(1): 51-4. (in Chinese)
- [2] 殷芳芳, 杨振宇, 蔡璟, 等. 中国医学物理学科的建设与探索专家共识[J]. 中国医学物理学杂志, 2024, 41(4): 397-403.
YIN F F, YANG Z Y, CAI J, et al. Expert consensus on the construction and exploration of medical physics discipline in China[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2024, 41(4): 397-403. (in Chinese)
- [3] 郑钧正. 放射诊疗跨越式发展更好地为全民健康效力[J]. 医学研究杂志, 2020, 49(11): 1-8.
ZHENG J Z. The leapfrog development of radiodiagnosis and radiotherapy better serves the health of the whole nation [J]. Journal of Medical Research, 2020, 49(11): 1-8. (in Chinese)
- [4] 孙强, 高盼, 李丹阳, 等. 医学物理师职业发展与现状分析[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2022, 29(10): 770-5.
SUN Q, GAO P, LI D Y, et al. Career development and status analysis of medical physicists[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2022, 29(10): 770-5. (in Chinese)
- [5] 蔡雪竹, 杜一平. 论美国医学物理师培养机制[J]. 中国医学物理学杂志, 2013, 30(2): 4070-5.
CAI X Z, DU Y P. American medical physicist's cultivation system[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2013, 30(2): 4070-5. (in Chinese)
- [6] 王晓艳, 纪绪财. 调整课程设置优化教学内容培养医学物理专业人才[J]. 中国医学物理学杂志, 2012, 29(4): 3577-80.
WANG X Y, JI X C. Adjust curriculum optimizing teaching content cultivate medical physicist[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2012, 29(4): 3577-80. (in Chinese)
- [7] 袁红敏, 姜岐山, 李小方, 等. 全面提高医疗机构质量必须加速建立医学物理师制度[J]. 中国医学物理学杂志, 2012, 29(3): 3455-62.
YUAN H M, JIANG Q S, LI X F, et al. To improve the quality of China medical institutions, China should be speeded up medical physicists system construction[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2012, 29(3): 3455-62. (in Chinese)
- [8] YAN H, HU Z, HUANG P, et al. The status of medical physics in radiotherapy in China[J]. Physica Medica, 2021, 85: 147-57.
- [9] 俞家华, 周光明. 我国放射医学本科人才培养现状分析与思考[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2022, 42(8): 567-71.
YU J H, ZHOU G M. Current status and development perspectives of undergraduate talent cultivation of radiation medicine in China[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2022, 42(8): 567-71. (in Chinese)
- [10] 彭微, 赵元. 放疗物理师创新人才培养模式探索[J]. 当代教育实践与教学研究, 2016, (10): 61-2.
PENG W, ZHAO Y. Exploration of innovative talent training model for radiotherapy physicists[J]. Contemporary Education Research and Teaching Practice, 2016, (10): 61-2. (in Chinese)
- [11] 王能河, 但汉久, 吴基良. 生物医学工程专业(医学物理方向)本科课程体系比较研究[J]. 医疗卫生装备, 2013, 34(11): 124-7.
WANG N H, DAN H J, WU J L. Comparative research on undergraduate curriculum system from medical physics direction of biomedical engineering specialty[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2013, 34(11): 124-7. (in Chinese)
- [12] 戴振晖, 张白霖, 朱琳, 等. 创新复合型医学物理人才培养模式探索[J]. 创新创业理论研究与实践, 2021, 4(23): 105-7.
DAI Z H, ZHANG B L, ZHU L, et al. Exploration of training mode of innovative and compound medical physics talents[J]. The Theory and Practice of Innovation and Entrepreneurship, 2021, 4(23): 105-7. (in Chinese)
- [13] 王晓艳, 鲁雯, 刘林祥, 等. 医学物理人才培养模式初探[J]. 中国医学装备, 2010, 7(9): 22-4.
WANG X Y, LU W, LIU L X, et al. Study on personnel training model of medical physicist[J]. China Medical Equipment, 2010, 7(9): 22-4. (in Chinese)
- [14] 鞠忠建, 童芳, 崔泽平, 等. 肿瘤放射治疗医学物理实习生的患者安全教育课程探索[J]. 医疗装备, 2024, 37(11): 28-31+5.
JU Z J, TONG F, CUI Z P, et al. The exploration of patient safety education curriculum for medical physics interns in tumor radiotherapy [J]. Medical Equipment, 2024, 37(11): 28-31+5. (in Chinese)