

# 中国医学物理现状、挑战和未来

潘玉藤<sup>1</sup>, 杨波<sup>2</sup>, 邱建峰<sup>1\*</sup>, 邱杰<sup>2\*</sup>

1. 山东第一医科大学放射学院, 济南 250000

2. 北京协和医院放射治疗科, 北京 100032

\* 联系人, E-mail: 13082777550@163.com; qj\_wu@139.com

医学物理是一门融合了医学、物理学、生物学、计算机科学和工程学的交叉学科, 旨在通过物理原理解决复杂的医学问题<sup>[1]</sup>, 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。医学物理的发展推动着放射肿瘤学、介入放射学以及核医学等临床学科的进步, 并对医疗科技创新产生深远影响<sup>[2]</sup>。伴随着人工智能的迅速发展, 机器学习、深度学习等新技术与医学物理碰撞出新的火花, 为其发展带来新的生机和挑战<sup>[3,4]</sup>。

《“健康中国2030”规划纲要》明确要求2030年全国人均寿命要达到79岁以上, 医学物理的进步和发展对这一目标的实现至关重要。在临床工作中, 放射治疗计划的设计与优化、辐射剂量的精确计算与监控等对于提高放疗成功率和患者生存质量至关重要; 在核医学领域, 医学物理的应用包括放射性药物的剂量校准、影像学技术优化以及放射源的安全管理等, 这将确保核医学检查和治疗的安全性和精准性。在医学工程领域, 医学物理的发展将推动医疗设备的开发、维护和质量控制的标准化, 保障设备高效运行。医学物理为放疗、核医学和医学工程等领域的临床应用提供了理论与技术支撑, 也为我国癌症治疗效果的提升和整体医疗水平的提高作出了关键贡献。

近年来, 我国医学物理在学科建设与人才教育、职业体系建设、科学研究、临床应用与自主创新方面已取得显著发展。相较于北美和欧洲等发达地区, 我国医学物理建设仍存在许多问题与挑战。在学科建设和人才教育方面, 尚未形成全面的、完善的和统一的培养体系, 缺乏高层次复合型人才, 难以满足快速增长的临床需求, 特别是在复杂的肿瘤放射治疗领域, 高层次人才短缺成为发展的瓶颈<sup>[5-7]</sup>。在职业体系建设方面, 全国范围内没有针对医学物理师的统一培训和考核标准, 医学物理方面的专业人才相对匮乏。在临床设备管理方面, 尽管我国近年来致力于引进先进的放疗设备, 但设备质量控制和评估体系仍不完善<sup>[8]</sup>。在自主研发能力上,



**邱建峰** 教授, 博士生导师, 山东第一医科大学放射学院院长。泰山学者特聘专家, 国家重点研发计划首席科学家, 医学工程技术研究中心主任。主要从事生物医学工程领域中的医学成像系统研发和基于人工智能的多组学分析研究。



**邱杰** 研究员, 硕士生导师, 北京协和医院放疗科首席物理师。现任中国生物医学工程学会医学物理分会主委, 中国医学装备协会放疗装备与技术分会副主任委员, 中国辐射防护学会辐射计量分会副理事长。主要从事精确放疗物理技术和放疗质控体系建立方面的研究。

我国自主研发能力有待加强, 亟需解决大量“卡脖子”问题。相比之下, 在北美和欧洲等发达地区, 医学物理已深度融入医疗保健体系, 为临床诊疗提供了强有力支持, 同时其在学科建设与人才培养、临床设备质量控制和科学研究等方面的成就<sup>[9,10]</sup>, 值得中国借鉴和思考。

在全球医学科技快速发展的时代, 中国医学物理学科的建设既面临挑战, 也将迎来新的机遇。构建全面的学科体系和职业规范, 推动自主创新, 加强国际交流与合作, 已成为中国医学物理学科发展的当务之急。本文将阐述中国医学物理的现状, 深入分析其面临的挑战, 并借鉴国际医学物理学科的先进经验, 提出未来的发展建议, 以推动中国医学物理学科的全面发展, 为实现“健康中国”贡献力量。

引用格式: 潘玉藤, 杨波, 邱建峰, 等. 中国医学物理现状、挑战和未来. 科学通报

Pan Y, Yang B, Qiu J, et al. The current status, challenges, and future prospects of medical physics in China (in Chinese). Chin Sci Bull, doi: 10.1360/TB-2024-1142

## 1 中国医学物理的现状

中国医学物理的发展历程可以追溯到20世纪中期,在北京协和医院,我国放射肿瘤学专家使用了一台400 kV的X射线机治疗恶性肿瘤。20世纪80年代,伴随核技术和医学影像技术的进步,中国的医学物理学科逐步受到我国政府和学术界的重视,中国医学科学院肿瘤医院肿瘤医院首次开设了医学放射物理硕、博课程。20世纪90年代至21世纪初,多个高校和科研机构也设立了相关研究机构和专业课程<sup>[11]</sup>。而今天,虽然中国医学物理人才的培养日趋成熟,但仍存在诸多问题。截至2020年,开设应用物理学(医学物理学方向)本科专业的院校仅有华北理工大学、山东第一医科大学、杭州医学院3所,而开设硕士相关专业的院校仅有21所,各个院校招生的专业名称不统一,包括医学物理、放射医学、生物医学工程、特种医学等,考试题目均为各校自主命题。

调查显示,内地放疗单位约1500家,从事放疗专业人员约3.3万人,其中放疗医师约1.9万人、技术人员约9500人,而医学物理师只有4000余人,其中拥有本科学历的医学物理师占总体的28.37%,拥有硕士学历的医学物理师占总体的49.09%<sup>[12]</sup>。经国家癌症中心与世界卫生组织国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)联合测算,2022年全球癌症统计报告显示中国新诊断癌症482万例,占全球病例的24.1%。约70%癌症患者需要接受放疗,据此估算,我国需要接受放疗的癌症患者高达300万以上,我国医学物理师队伍面临巨大的人才缺口。除了人才短缺,在全国范围内仍没有制定针对医学物理师的统一培训和考核标准,物理师晋升职称往往要与放疗技师竞争,职称评审面临着种种报考限制。

2023年6月,国家卫生健康委发布了《“十四五”大型医用设备配置规划》,其中明确指出,到“十四五”结束,我国放射治疗类设备及系统规划总数将达到5518台。随着计算机技术的发展,人工智能在自动成像、图像分析、预测、评估和治疗等医学物理领域取得了令人惊喜的成果<sup>[13-15]</sup>。同样,也有更多专业人员致力于探索更加精准的诊疗方法和创新性医疗设备,各个击破“卡脖子”难题,以实现技术自主可控和医疗设备的本土化。中国医学物理建设起步较晚,但整体发展健康乐观,医学物理已为中国的医疗水平和公共健康作出了重要贡献。

## 2 中国医学物理面临的挑战与国际对比

中国医学物理飞速发展的同时也暴露了诸多问题,将给我们带来全新的挑战。与北美、西欧相比,我国在学科体系建设与人才培养、职业体系、临床设备管理、自主创新能力及国际交流与合作等方面尚有不足之处。

在学科体系建设和人才培养方面,虽然我国多所高校开办了医学物理相关专业的本硕博教育,但缺乏统一的教学标准和认证体系,部分学校缺乏专业的师资力量、实验设备以

及教学新技术。目前欧美国家拥有较为完善的学科体系,其医学物理教育认证委员会(Commission on Accreditation of Medical Physics Education Programs, CAMPEP)制定了医学物理学的教育标准,涵盖学位教育、住院物理师培训以及继续教育等方面。CAMPEP要求医学物理硕士和博士学位教育项目设置严格的课程,确保学生掌握物理学、辐射生物学、医学成像、辐射治疗等相关领域的基础和临床知识;同时,完成学位教育后,学生需进行为期一至两年的住院物理师规范化临床培训,积累实际工作经验;已认证的医学物理师需参与继续教育。通过CAMPEP的认证标准,北美地区形成了高度标准化的教育体系,这确保了人才的高质量培养,也为行业提供了稳定的技术支持和持续的创新动力。相较之下,我国医学物理教育标准不统一、师资短缺和实验教学设备落后,推动学科体系的标准化建设和教育认证机制的完善,对于我国医学物理学科的发展和国际竞争力的提升具有重要意义。

在职业体系建设方面,我国医学物理师缺乏统一的职业评价和考核标准。欧美国家拥有完善的医学物理师职业建设体系,包括国际和地区性的专业组织(如International Organization for Medical Physics, IOMP; European Federation of Organizations for Medical Physics, EFOMP)制定的教育、认证和继续教育要求。美国医学物理师在进入医院工作前通常已获得硕、博学历,并拥有至少一年的实习经历;其认证经过美国医学物理师认证委员会(American Board of Medical Physics, ABMP)和美国医学物理学会(American Association of Physicists in Medicine, AAPM),必须通过ABMP的认证考试,考试内容包括基础物理、临床应用、放射治疗、成像技术等多个领域,包括笔试和面试;ABMP要求认证的物理师定期参加继续教育,通常是每年25~30小时的相关学术培训;ABMP还要求医学物理师需要拥有严格的职业道德规范,涵盖患者隐私保护、专业行为、临床决策等方面。综上所述,我国仍需进一步学习欧美国家对于医学物理师职业体系建设的先进经验,为我国医学物理师职业发展提供更加良好健康的环境。

在临床设备管理方面,尽管我国积极引进和应用先进放射治疗设备和医学影像设备,但这些设备质量控制和评估体系建设仍然不够完善,而许多欧美国家已形成高度系统化的质量控制标准来确保设备的高效管理,如IEC标准、IAEA指导原则、CE认证、FDA监管要求,以及AAPM的质量控制规范等。不得不承认,部分欧美国家在高端设备研发方面处于国际领先地位,拥有众多世界知名的制造商和创新型企业。相较之下,我国高端设备的研发和制造主要依赖进口,尽管国产设备逐步增加,但在设备性能、技术水平和国际同行业竞争力方面需进一步提升。

国际交流与合作不足也是中国医学物理建设面临的问题。欧美国家在医学物理领域的国际合作活跃,定期举办国

际学术会议,这促进了全球知识与技术的共享.而我国医学物理的国际交流起步较晚,国内学术界与国际前沿的接轨不紧密,制约了中国在国际医学物理领域的影响力.

中国医学物理学科在学科体系建设与人才培养、职称体系建设、临床设备管理、自主创新能力和国际合作等方面与发达国家仍存在差距(图1), 解决这些问题需要国家政策支持和全行业的共同努力.

### 3 中国医学物理的未来展望

中国医学物理正处于发展的关键阶段,未来充满着机遇与挑战,在“健康中国2030”的指导下,我们从以下几个方面展望未来.

一是建设完善的学科体系和人才培养体系.(1)建立专业认证和资格评估体系,积极寻求学科的国际认证.(2)统一本科到博士教育体系,推动“本+硕+博”一体化培养.(3)人工智能技术引入课堂,培养拥有AI技能的新时代医学物理师.(4)促进医院和学校合作,理论与实践学习齐头并进.(5)加强国际交流与合作,推进联合培养和交换学习,培养出具有全球视野的复合型创新型医学物理人才.

二是健全医学物理师的职业发展体系.(1)建立统一的培训与认证体系,明确职业资质标准与考核流程,确保从业人员的专业水平和技术能力.(2)优化职称晋升制度,单独设立医学物理师的评审体系,将科研能力、临床技术水平与服务质量纳入考核标准.(3)扩大高校医学物理专业招生规模,设立国家级培训基地,推动高素质医学物理师的培养,加强基层与区域间的人才流动,合理配置医疗资源,逐步缓解人才短缺问题.(4)完善薪酬待遇和政策支持,提高医学物理师的职业认同感和稳定性;推动职业培训与认证标准与国际接轨,引入优质课程资源和认证模式,增强国际竞争力.

三是推动新技术在医学物理领域的深度应用.(1)建立区域性医学物理数据中心,整合患者治疗数据、设备运行状态和质控记录,构建智能分析平台.(2)结合新兴技术构建多层次教育与培训体系,开发基于虚拟现实和增强现实的仿真培训系统,提供接近真实操作环境的实践机会.(3)在线教育平台引入模块化课程,涵盖AI算法开发、医学影像处理、放疗物理与质控等关键技术领域,满足不同阶段从业者的学习需求.(4)加强产学研合作,设立医学物理领域的创新实验室或联合研究中心,让学生和科研人员直接参与高端医疗设备的



图1 (网络版彩色)医学物理发展核心要素

Figure 1 (Color online) Core elements of medical physics development

设计与优化.通过这些措施,逐步形成技术研发与人才培养并行推进的良性循环,助力中国医学物理领域的高质量发展.

四是加强国际合作与交流.(1)积极鼓励从业人员和学生参与国际学术会议,深入了解最新研究进展和技术趋势,同时展示我国在医学物理领域的创新成果,提升学术话语权.(2)支持科研机构与国际顶尖团队开展联合研究项目,共同攻克前沿科学难题.(3)推动医疗设备企业与国际领先公司开展技术合作,通过引进先进经验与专利技术,提升国产设备的研发水平与国际竞争力.(4)承担国际医学物理领域高端学术论坛的举办,将国际专家引入国内,与中国学者和企业家面对面交流,分享经验并探讨合作机会.从多维度的合作与交流中快速汲取国际先进经验,推动自身科研成果在全球范围内的转化与应用,逐步提升中国医学物理的国际影响力与学术地位.

### 4 结语

在新时代的浪潮下,医学物理迎来了关键的转型期,通过完善学科体系和职业体系、推进教育改革、加强高层次人才培养、深化临床应用与技术创新,中国在医学物理的建设中已取得了阶段性成果.虽然相较于国际先进水平仍存在诸多问题,但展望未来,中国医学物理学科的发展前景光明.在国家政策的大力支持下,通过不断吸纳经验、鼓励自主创新、推动国际合作,中国医学物理建设有望实现进一步突破.我国医学物理的成熟与壮大,将作为“健康中国2030”的坚实后盾,造福中国患者,更为全球健康事业贡献力量.

**致谢** 感谢国家重点研发计划战略性科技创新合作专项“基于影像、病理和基因多组学分析的肺癌放疗疗效预测与评定”(2021YFB0204600)资助.

### 推荐阅读文献

- 1 Duck F A. The origins of medical physics. *Physica Medica*, 2014, 30: 397–402

- 2 Cohen M, Trott N G. Radiology, physical science, and the emergence of medical physics. *Med Phys*, 1998, 22: 1889–1897
- 3 Sahiner B, Pezeshk A, Hadjiiski L M, et al. Deep learning in medical imaging and radiation therapy. *Med Phys*, 2019, 46: e1–e36
- 4 Mahadevaiah G, Rv P, Bermejo I, et al. Artificial intelligence-based clinical decision support in modern medical physics: Selection, acceptance, commissioning, and quality assurance. *Med Phys*, 2020, 47: 228–235
- 5 Dai Z H, Zhang B L, Zhu L, et al. Exploration of training mode of innovative and compound medical physics talents (in Chinese). *Theory Pract Innov Entrepr*, 2021, 4: 105–107 [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. *创新创业理论与实践*, 2021, 4: 105–107]
- 6 Wang X Y, Wang P C, Song L, et al. Building reasonable practical teaching system and training high quality medical physicist (in Chinese). *Chin J Med Phys*, 2013, 30: 4589–4592 [王晓艳, 王鹏程, 宋莉, 等. 构建合理的实践教学体系, 培养高素质医学物理师. *中国医学物理学杂志*, 2013, 30: 4589–4592]
- 7 Yin F F, Yang Z Y, Cai J, et al. Expert consensus on the construction and exploration of medical physics discipline in China (in Chinese). *Chin J Med Phys*, 2024, 41: 397–403 [殷芳芳, 杨振宇, 蔡璟, 等. 中国医学物理学学科的建设与探索专家共识. *中国医学物理学杂志*, 2024, 41: 397–403]
- 8 Qin Q L. Progress in radiotherapy technology and renewal of concepts (in Chinese). *Chin J Mod Med*, 2023, 25: 1–8 [秦庆亮. 放疗技术进展与观念更新. *中国现代医药杂志*, 2023, 25: 1–8]
- 9 Byrne B, Marcu L, Mazzoni L N, et al. EFOMP Malaga Declaration 2023: an updated vision on medical physics in Europe. *Physica Medica*, 2023, 111: 102620
- 10 Newhauser W D, Gress D A, Mills M D, et al. Medical physics workforce in the United States. *J Appl Clin Med Phys*, 2023, 23: 13762
- 11 Hu Y M. The past, present and future of medical physics in China (in Chinese). *Physics*, 2007, 36: 51–54 [胡逸民. 中国医学物理学的过去、现在与未来. *物理*, 2007, 36: 51–54]
- 12 Sun Q, Gao P, Li D Y, et al. Career development and status analysis of medical physicists (in Chinese). *Chin J Cancer Prev Treatm*, 2022, 29: 770–775 [孙强, 高盼, 李丹阳, 等. 医学物理师职业发展与现状分析. *中华肿瘤防治杂志*, 2022, 29: 770–775]
- 13 Liu J, Xiao H, Fan J, et al. An overview of artificial intelligence in medical physics and radiation oncology. *J Natl Cancer Center*, 2023, 3: 211–221
- 14 Kortensniemi M, Tsapaki V, Trianni A, et al. The European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP) White Paper: big data and deep learning in medical imaging and in relation to medical physics profession. *Physica Medica*, 2018, 56: 90–93
- 15 Vandewinckele L, Claessens M, Dinkla A, et al. Overview of artificial intelligence-based applications in radiotherapy: recommendations for implementation and quality assurance. *Radiother Oncol*, 2020, 153: 55–66

Summary for “中国医学物理现状、挑战和未来”

# The current status, challenges, and future prospects of medical physics in China

Yuteng Pan<sup>1</sup>, Bo Yang<sup>2</sup>, Jianfeng Qiu<sup>1\*</sup> & Jie Qiu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> School of Radiology, Shandong First Medical University, Jinan 250000, China

<sup>2</sup> Department of Radiotherapy, Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100032, China

\* Corresponding authors, E-mail: [13082777550@163.com](mailto:13082777550@163.com); [qj\\_ww@139.com](mailto:qj_ww@139.com)

Medical physics is an interdisciplinary field that integrates principles from physics, engineering, and mathematics to address complex challenges in medicine, particularly in the development of technologies that improve diagnostic procedures, treatment planning, and therapy. In cancer treatment, medical physics plays a critical role in advancing imaging technologies such as X-rays, CT scans, MRI, and PET scans, and in enhancing treatment modalities like radiotherapy, proton therapy, and brachytherapy. These innovations help medical physicists improve the accuracy, precision, and safety of medical procedures, resulting in better treatment outcomes, especially for cancer patients. In China, significant progress has been made in the field of medical physics as the nation strives to modernize its healthcare system and improve the overall quality of care. The increasing demand for advanced medical technologies has driven a surge in the adoption of cutting-edge imaging and therapeutic tools. However, challenges persist, particularly the lack of a unified academic and certification system for medical physicists, which leads to disparities in training, qualifications, and professional recognition across different regions. This lack of standardization hinders the integration of medical physics into clinical practice, as professionals may not possess the necessary expertise to navigate the increasingly complex technologies in use. In addition, medical physics research still faces challenges in terms of limited innovation and the development of new methodologies. This is compounded by a gap in interdisciplinary collaboration, where closer integration between physicists, engineers, clinicians, and biologists could foster the development of novel solutions tailored to clinical needs. Furthermore, while medical physicists have gained recognition in clinical environments, they are often not fully integrated into hospital teams. This limits their ability to contribute to real-time treatment planning, quality assurance, and decision-making processes, reducing the overall efficiency of clinical workflows. To address these issues, it is crucial to establish a standardized academic framework, enhance collaboration between healthcare providers and research institutions, and increase investment in education and research to ensure that medical physicists receive the training and recognition they deserve. Efforts should also focus on fostering interdisciplinary partnerships to bridge the gap between research and clinical applications, ensuring that advancements in medical physics translate effectively into improved patient care. A more coordinated approach will not only improve the quality of healthcare but also help maintain China's position at the forefront of global medical innovation. By continuing to invest in the development of skilled professionals, fostering innovation, and enhancing infrastructure, China can ensure that medical physics plays a pivotal role in advancing patient care. Especially in cancer treatment, medical physics is indispensable for improving the efficacy of treatment and patient outcomes. With sustained effort and reform, the future of medical physics in China holds tremendous promise, enabling the field to make a transformative impact on healthcare delivery, technological innovation, and patient survival rates.

**medical physics, healthy China, radiological diagnosis and treatment, discipline development, indigenous innovation**

doi: [10.1360/TB-2024-1142](https://doi.org/10.1360/TB-2024-1142)