



全球医学物理发展状况

程智枫¹, 曾子毅¹, 杨子², 周德军¹, 张礼贤³, 李泳怡¹, 蔡璟^{1,4*}

1. 香港理工大学医疗及社会科学院医疗科技及资讯学系, 香港

2. Department of Radiation Oncology, Stanford University School of Medicine, Palo Alto, California 94305, USA

3. 圣保禄医院肿瘤科放射治疗中心医学物理部, 香港

4. 香港理工大学智能可穿戴系统研究院, 香港

* 联系人, E-mail: jing.cai@polyu.edu.hk

2024-12-01 收稿, 2025-02-18 修回, 2025-02-19 接受, 2025-02-19 网络版发表

摘要 本文概述了全球医学物理领域的发展现状、主要方向及面临的挑战, 重点分析了教育、认证及技术方面的情况. 基于国际医学物理组织(International Organization for Medical Physics, IOMP)的组织结构, 从区域视角探讨了欧洲、亚太和非洲的特点和挑战, 体现了区域合作的重要性. 欧洲大陆的医学物理发展较为成熟, 强调标准化培训和职业认证, 但面临老龄化和技术更新的挑战. 亚太地区快速发展, 技术创新和人才培养是关键, 但各国发展水平不均, 资源分配需优化. 非洲处于起步阶段, 资源匮乏和教育体系不完善是主要瓶颈, 但国际援助和区域合作正为其发展注入动力. 美国、英国和日本代表了医学物理领域的高水平. 美国通过严格的教育、临床住院培训和认证流程培养高度专业化的医学物理师. 英国在放射治疗技术发展中积极扩展培训以应对设备和人力资源短缺. 日本在亚洲展现技术领导角色, 推动认证制度和职业地位确立. 中国在医学物理领域取得显著进展, 积极提升教育体系, 加强国际合作, 推进学科建设, 尽管在教育标准化和资源分配方面仍有改进空间, 但通过改革创新不断缩小差距. 通过借鉴不同区域和国家的成功经验, 各国可以优化教育资源、推广先进技术和加强标准化, 共同应对全球对高质量医疗服务需求的增长, 推动医学物理的可持续发展.

关键词 医学物理, 放射治疗, 国际协作, 教育培训, 资格认证, 人力资源

根据于1963年成立的全球最大的医学物理专业组织——国际医学物理组织(International Organization for Medical Physics, IOMP)的定义, 医学物理是应用物理的分支. 医学物理师运用物理原理来预防、诊断和治疗疾病, 包括放射治疗物理、医学影像物理、核医学物理、放射防护物理、非电离辐射物理及生理测量(<https://www.iomp.org/definition-of-medical-physicists-by-iomp/>). 医学物理师具备医学应用物理学专业背景和训练, 在临床、学术和研究机构中承担临床服务、管理、教育及研发工作(https://www.iomp.org/wp-content/uploads/2019/02/iomp_policy_statement_no_2_0.pdf).

[pdf; https://www.iomp.org/wp-content/uploads/2019/02/iomp_policy_statement_no_1_0.pdf](https://www.iomp.org/wp-content/uploads/2019/02/iomp_policy_statement_no_1_0.pdf)). IOMP作为全球医学物理的领导机构, 已涵盖六大区域组织和超过90个国家会员组织, 汇聚了超过30000名医学物理师(<https://www.iomp.org/organisation/>). 这些区域组织包括: 亚洲-大洋洲医学物理组织联合会(Asian-Oceania Federation of Organizations for Medical Physics, AFOMP)、欧洲医学物理组织联合会(European Federation of Organizations for Medical Physics, EFOMP)、非洲医学物理组织联合会(Federation of African Medical Physics Organizations, FAMPO)、拉丁美洲医学物理协会(Latin American Association of Medical Physicists, LAMP)

引用格式: 程智枫, 曾子毅, 杨子, 等. 全球医学物理发展状况. 科学通报

Ching JC-F, Zeng Z, Yang Z, et al. A global perspective in contemporary medical physics (in Chinese). Chin Sci Bull, doi: [10.1360/TB-2024-1281](https://doi.org/10.1360/TB-2024-1281)

can Medical Physics Association, ALFIM)、中东医学物理组织联合会(Middle East Federation of Organizations for Medical Physics, MEFOMP)和东南亚医学物理组织联合会(Southeast Asian Federation for Medical Physics, SEAFOMP)。

本文旨在概述全球医学物理领域的发展现状、主要发展方向及所面临的挑战,重点分析教育、认证、技术等方面的情况。为了系统地探讨全球医学物理的发展,本文首先基于IOMP的组织结构,从区域视角出发,探讨三个具有探讨价值的区域,包括欧洲大陆、亚太地区和非洲在医学物理发展中的不同特点和挑战。这些区域处于全球医学物理发展中的不同阶段,也体现了国际合作以区域为合作基础在推动医学物理进步中的重要性。随后,本文聚焦在医学物理领域发展成熟的国家和地区如美国、英国和日本,它们在教育体系、职业认证和临床实践方面具有一定的代表性。随后,本文分析中国作为快速发展国家,其在医学物理领域取得的进展和面临的挑战,以体现新兴力量的崛起。本文旨在通过比较不同国家和地区的实践经验,加深对全球医学物理发展趋势和未来挑战的理解。

1 欧洲大陆

1.1 概述

欧洲医学物理组织联合会(EFOMP)成立于1980年,在协调和推动欧洲医学物理教育、培训和实践标准化方面发挥了至关重要的作用。EFOMP致力于在欧洲范围内统一各国医学物理组织,提升培训标准,确保医学物理师在医疗体系中获得充分的专业认可,并促进该领域的持续发展。目前,EFOMP涵盖欧洲36个国家,拥有约9000名医学物理师,占全球医学物理师总数的三分之一^[1]。大约在2000年,EFOMP推出了国家注册计划(National Registration Scheme, NRS)审批系统。许多国家级成员组织(National Member Organization, NMO)随之申请并获得了EFOMP对其NRS的正式批准。NRS是一项在国家层面推动医学物理师教育和认证的框架,详细规定了医学物理师的培训方式和教育途径,并引入了规范化的培训流程^[1]。

1.2 教育与培训

1.2.1 核心课程与标准化

EFOMP的重要贡献之一是在放射治疗和诊断成像

等领域开发核心课程,是欧洲医学物理教育的基石。自2004年首次发布以来,该课程经历了多次修订,以适应技术进步和不断变化的医疗需求(<https://www.efomp.org/index.php?r=fc&id=core-curricula>)^[2]。最新版本于2022年发布,确保医学物理师掌握必要的技能和知识,以提供高质量的患者护理和保障患者安全。EFOMP与欧洲放射治疗和肿瘤学会(European Society of Radiotherapy and Oncology, ESTRO)的紧密合作,进一步确保了这些课程与临床实践的紧密结合。

1.2.2 高级资格认证

为提升专业水平和责任,EFOMP推动了医学物理专家(Medical Physics Expert, MPE)认证的标准化。MPE需具备比普通医学物理师更高级的专业技能,尤其在辐射防护、质量保证和设备优化方面。EFOMP与欧洲核医学学会(European Association of Nuclear Medicine, EANM)、欧洲放射学会(European Society of Radiology, ESR)和国际原子能机构(International Atomic Energy Agency, IAEA)等国际组织合作,确立了MPE的专业资质标准,并将其定位于欧洲资格框架(European Qualification Framework, EQF)的第8级,相当于博士学位水平(<https://www.efomp.org/index.php?r=fc&id=core-curricula>)。MPE认证确保了专家在医学物理相关领域能够独立工作,并提供专家建议,涵盖质量保证计划的领导、辐射防护和临床方案的制定等关键职责。

1.2.3 持续专业发展

EFOMP积极倡导持续专业发展(Continuing Professional Development, CPD),以帮助医学物理师在快速发展的领域中保持竞争力(<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b82ed768-4c50-4c9a-a789-98a3b0df5391>)。EFOMP通过设立欧洲医学物理专家学校(European School for Medical Physics Experts, ESMPE)、欧洲医学物理专家培训和教育网络(European Network for Training and Education of Medical Physics Experts, EUTEMPE)、EFOMP考试委员会(EFOMP Examination Board, EEB)及欧洲医学物理学认证委员会(European Board for Accreditation in Medical Physics, EBAMP)等机构,积极支持医学物理学教育发展。其中,EBAMP作为独立机构,认证医学物理教育培训活动,并依据学习时间授予CPD学分,确保培训符合专业标准^[1]。CPD学分认证凸显终身学习的重要性,帮助医学物理师在技术进步和医疗需求变化中保

持专业能力^[3]。EFOMP政策鼓励医学物理师通过持续学习应对领域内快速发展和未来挑战。然而,实现欧洲国家统一采纳通用医学物理专家标准仍具挑战,是未来发展的重要目标^[1]。

1.3 政策与宣言

1.3.1 《马拉加宣言》

《马拉加宣言》(Malaga Declaration)于2006年发布,明确了医学物理师在辐射防护中的核心作用,特别是在医院环境中为患者、医护人员、公众、护理人员和研究参与者提供全面的辐射防护。此外,宣言建议由具备资质的医学物理专家在医院担任辐射防护专家,以确保患者和工作人员的安全^[4]。鉴于近年来技术与医学领域的快速发展,EFOMP在2023年对《马拉加宣言》进行了更新,以适应未来医疗技术进步的需求,从而更有效地应对当代医疗环境中辐射防护的挑战^[4]。

1.3.2 新技术与人工智能

EFOMP积极推动新技术,特别是人工智能(Artificial Intelligence, AI)的应用。2019年,EFOMP成立人工智能工作组(Artificial Intelligence Working Group),开发教育课程,通过欧洲医学物理专家学校(European School for Medical Physics Experts, ESMPE)开展AI培训,并关注隐私保护和数据安全(Data Privacy and Security)等关键问题^[5,6]。医学物理师的调查显示^[5,6],对AI培训必要性达成共识,大多数认为此类培训对行业未来至关重要。EFOMP的举措体现其通过新技术保持医学物理学专业优势的策略。此外,欧洲医疗器械法规(European Union Medical Device Regulation, EU MDR)对医疗器械提出更严格要求,所有工具在临床应用前必须符合规定^[7]。具体而言,欧盟医疗器械法规对人工智能在医疗器械中的应用提出了严格要求,旨在通过全面的临床评估、稳健的风险管理流程以及高质量、低偏差的训练数据,确保人工智能技术的安全性和有效性。套用在医学物理领域,该法规尤其影响人工智能在图像分析、治疗计划优化和质量保证等方面的应用,要求医学物理师积极参与人工智能技术的实施,监控其性能,并识别潜在的偏差。

2 亚太地区

2.1 概述

亚洲-大洋洲医学物理组织联合会(Asian-Oceania

Federation of Organizations for Medical Physics, AFOMP)成立于2000年,相较欧洲组织迟大约20年,但它迅速发展成为一个重要的区域性组织,涵盖19个国家的医学物理学协会,代表超11000名医学物理师,覆盖全球约60%人口,中国和日本是主要成员国。其使命是通过政策制定、教育推广及职业标准的建立,推动区域医学物理学发展。AFOMP作为一个区域性组织在制定教育培训标准、推动CPD^[8]、促进成员间合作与协调方面发挥重要作用,并与国际机构(如IAEA和IOMP)合作,通过项目及政策推动医学物理教育与实践标准化^[9]。

2.2 现状与统计数据

亚太地区的医学物理教育正处于增长阶段,但其发展并不均衡。目前,AFOMP有15个国家提供结构化硕士教育,总计106所大学或机构每年培养约865名医学物理师,与2011年的71所机构相比,这显示出教育资源的大幅扩张和对人才培养的重视^[9]。然而,仅8个国家的教育项目通过政府或专业机构认证,凸显了教育质量标准化方面的不足。因此,在整个区域内推动更多项目认证并规范教育内容仍然至关重要。

2.3 临床培训与认证

国际原子能机构(IAEA)建议,成为合格临床医学物理师(Clinically-Qualified Medical Physicist, CQMP)至少需要完成2年的结构化住院培训。然而,在AFOMP成员国中,仅40%达标。此外,在拥有官方注册渠道的国家中,仅有45%的国家要求医学物理师正式注册,有些地区如香港则实行自愿注册模式,部分地区则尚未有正式注册渠道。这种培训与注册不足或影响医学物理师的专业发展及质量控制能力^[9]。

2.4 人力资源与经验分布

过去十年,亚太地区的放射肿瘤医学物理师(Radiation Oncology Medical Physicist, ROMP)人数几乎翻倍。然而,超过10年经验的ROMP比例仍然不足30%。与北美(24.46人/百万人口)及欧洲(12人/百万人口)相比,亚太地区的医学物理师密度仅为2.67人/百万人口,这反映了该地区经验丰富的医学物理师短缺以及与全球平均水平的差距,表明需要进一步扩展教育和培训工作^[9]。

2.5 面临的主要问题

AFOMP面临多重挑战. 首先, 区域内教育、认证和职业实践的标准化和协调性不足. 由于缺乏类似欧盟的法律实体, 该地区的标准化进程缓慢, 阻碍了职业发展的一致性. 其次, 高工作负载及低满意度尤为突出. 复杂技术的广泛应用使ROMPs工作压力增加, 但薪酬和专业认可度提升滞后, 影响对职业未来的信心. 此外, 教育资源及认证体系不足也构成瓶颈, 部分国家(如柬埔寨、缅甸、新加坡)尚未建立结构化医学物理项目, 认证和注册制度也在大多数国家不完善, 限制教育质量及职业发展规划. 最后, 与欧美相比, 区域内在医学物理师数量、教育资源和技术应用上差距显著, 需通过国际合作和区域内努力缩小差距^[9].

3 非洲

非洲医学物理的发展在发展中国家中具有表率作用. 随着癌症病例的急剧增长及放射治疗需求的增加, 非洲医学物理的进展面临着独特的挑战. 基于文献^[10], 本文将探讨非洲地区医学物理的发展状况, 并分析为提高放射治疗质量保障所需采取的潜在策略与措施

3.1 发展背景

癌症已成为全球主要的致死原因之一, 尤其在非洲低收入和中等收入国家(Low- and Middle-Income Countries, LMICs), 其发病率和死亡率呈现不断上升的趋势. 2018年, 超过50%的新发癌症病例和65%的癌症死亡发生在低收入国家^[11]. 预计到2030年, LMICs的癌症病例将增长90%, 其中非洲负担尤为严重, 仅54个国家拥有222个放射治疗中心^[10].

医学物理学对放射治疗的安全性和疗效至关重要^[10]. 放射治疗因剂量控制精度需求高, 全面质量保障(Quality Assurance, QA)尤为重要. 然而, 非洲许多国家因人力资源不足、设备老化和资源短缺, 难以实现高质量放射治疗. 美国医学物理师协会(American Association of Physicists in Medicine, AAPM)的QA指南建议机构根据资源和目标执行适当措施^[12,13], 但在非洲资源受限环境中实施面临显著挑战, 使全面QA成为重大难题.

3.2 设备和人力资源限制

非洲放射治疗中心普遍缺乏先进设备和质量保障

工具^[10]. 高收入国家已普遍使用线性加速器(Linear Accelerator, LINAC), 而许多非洲中心仍依赖老旧的钴-60(Cobalt-60)设备, 限制治疗精度与效果^[14]. 此外, 缺乏厂商支持和零件供应使设备维护困难^[15]. 研究表明, 低收入国家的设备使用率过高, 难以达到国际推荐的质量保障标准^[16]. 人力资源短缺加剧了困境, 非洲许多中心缺乏医学物理师, 现有人员需兼顾放射治疗、影像诊断和核医学等职责(<https://fampo-africa.org/fampo-newsletter-vol-3-no-1-2021/23>)^[10], 导致工作负荷过重, 增加错误风险并限制培训开展^[17]. 尽管一些国家要求医学物理师进行注册, 但在许多地区, 该职业尚未被正式纳入医疗体系, 从而导致资源支持的不足^[18].

3.3 非洲医学物理专业组织

非洲医学物理领域的主要专业组织是非洲医学物理组织联合会(Federation of African Medical Physics Organizations, FAMPO). FAMPO成立于2009年, 其宗旨在于通过促进医学物理的教育、培训、实践和科研, 以提高非洲地区的医疗服务质量, 并为患者和社区提供更好的服务(<https://fampo-africa.org/wp-content/uploads/2022/11/FAMPO-constitution.pdf>). 根据FAMPO的章程, 该组织致力于促进非洲各国医学物理组织之间的合作与交流, 并积极推动医学物理专业在非洲地区的地位和实践标准的提升. FAMPO在非洲医学物理领域也发挥着关键的协调作用, 它连接了非洲大陆上众多NMO, 如南非医学物理师协会(South African Association of Physicists in Medicine and Biology, SAAPMB)、加纳医学物理学会(Ghana Society for Medical Physics, GSMP)、尼日利亚医学物理师协会(Nigerian Association of Medical Physicists, NAMP)、苏丹医学物理学会(Sudan Medical Physics Society)、阿尔及利亚医学物理师协会(Algerian Association of Medical Physicists, AAMP)、摩洛哥医学物理协会(Moroccan Association of Medical Physics, AMPM)、埃及医学物理协会(Egyptian Association for Medical Physics, EAMP)以及突尼斯放射肿瘤学会(Société Tunisienne d'Oncologie Radiothérapie, STOR). FAMPO是国际医学物理组织(IOMP)的区域组织之一, 并与国际原子能机构(IAEA)等国际组织保持合作关系. 该组织不仅关注医学物理师的专业发展, 也致力于推动放射治疗和医学影像的质量和安全. FAMPO通过举办会议、研讨会、培训课程等方式, 促进非洲医学物理专业人士的

交流与学习,并积极推动该地区医学物理的发展。这些国家级组织在各自的国家推动医学物理的实践和发展,并与FAMPO紧密合作,共同提升非洲整体医学物理水平。

3.4 促进非洲医学物理学发展的关键策略

提升非洲医学物理学水平需要多措并举,协同发展。首先,制定符合当地实际情况的质量保障计划至关重要,这需要根据AAPM和IAEA的标准,确保放射治疗的安全性和一致性^[18]。FAMPO正积极倡导并支持其成员组织在各自国家推行此类计划,并提供技术支持与资源。远程教育和国际合作是增加培训机会、提升医学物理师专业技能、弥合理论与实践差距的关键途径^[19]。FAMPO也致力于推动这些举措,为非洲医学物理师提供更广阔的学习平台。此外,FAMPO正积极推动医学物理师的专业认可,并注册首批医学物理师(<https://fampos-africa.org/wp-content/uploads/2022/11/FAMPO-Newsletter-Vol.-4-No.-1-Jan-2022.pdf>)。医学物理师在设备采购决策中也扮演着关键角色,他们的积极参与能够确保医疗资源的优化配置。FAMPO鼓励其成员组织和医学物理师积极参与设备采购过程,为决策者提供专业的意见^[20]。确保放射性物质在医疗保健中的安全、有效和高效使用,需要医学物理师在监管环境中发挥更大的作用。建立健全的国家级医学物理师协会,有助于提高该职业在卫生专业委员会中的影响力。FAMPO鼓励各国建立或加强国家级医学物理师协会,以争取更大的职业认同和发展空间。即使在注册制度尚未建立的国家,医学物理师也应持续精进专业技能,加强沟通能力,与其他医疗工作者建立良好的合作关系,造福患者。

4 欧洲大陆、亚洲和非洲医学物理发展小结

欧洲、亚洲和非洲在医学物理发展的过程中呈现出显著的差异和相似之处。欧洲在欧洲医学物理组织联合会(EFOMP)的领导下,教育、培训和认证已经实现了高度标准化。通过统一的核心课程、医学物理专家(MPE)认证以及持续专业发展(CPD),EFOMP确保医学物理师具备专业性与安全性的实践能力。EFOMP还推动新兴技术如人工智能的应用,并通过《马拉加宣言》等政策不断加强放射防护。主要认证和培训机构确保医学物理师在诊断、治疗及辐射防护领域的资质,从而提升医疗质量和患者安全。

相比之下,亚太地区在亚洲-大洋洲医学物理组织联合会(AFOMP)的推动下,虽然医学物理领域增长迅速,但不同国家的教育和认证质量与可及性存在显著差异。该地区每年培养约865名医学物理师,但仅有8个国家通过了教育认证,临床培训和注册制度仍不完善,仅有40%的成员国符合IAEA的要求。尽管先进技术的普及显著提升了治疗效果,但人力资源短缺和高工作负载限制了该地区的职业发展。亚太地区的医学物理师密度远低于欧美国家,且经验丰富的从业者比例仍然不足30%。未来,需要通过加强国际合作、完善认证制度和扩展教育资源来缩小区域内的差距,从而提升整体职业水平。

非洲在非洲医学物理组织联合会(FAMPO)的指导下,面临着严重的资源限制。非洲医学物理学的发展对于提升放射治疗服务质量至关重要。尽管面临设备老化、人力资源短缺和质量保障体系不足等诸多挑战,但通过实施质量保障计划、扩充培训资源、加强职业认可,以及与国际组织合作引进设备捐赠和维护服务,非洲的医学物理领域正逐步改善。FAMPO作为非洲医学物理领域的关键组织,在促进区域内合作、推动专业发展、提升医学物理师的职业地位等方面发挥着不可替代的作用。

尽管三个地区在资源可用性、教育和认证标准化程度以及先进技术应用方面存在差异,它们的共同目标是提高医学物理实践的质量和安全性,强调持续专业发展,并重视国际合作。这些相似之处反映了全球医学物理领域所面临的共同挑战和努力。后续章节将讨论美国、英国、日本和中国医学物理发展的具体情况,分析各国在这一领域的进展、挑战和策略。

5 美国

5.1 概述

美国是当前医学物理行业的引领者,全球约三分之一的医学物理师在美国。美国医学物理师协会(American Association of Physicists in Medicine, AAPM)每年对会员进行统计。根据2019年的统计,2565名受访者中,51%拥有硕士学位,49%拥有博士学位(<https://www.aapm.org/pubs/surveys.asp>)^[21]。AAPM对放射治疗物理师的调查显示,大多数机构位于城市(55%),其次是郊区(34%)和农村地区(12%)。大部分医学物理师在医院(41%)、私人诊所(34%)或学术机构

(26%)工作, 每周平均工作48小时。

5.2 教育途径

成为医学物理师的途径已得到标准化。美国通常不提供医学物理学本科学位。学生通常先取得物理学、工程学或相关自然科学的学士学位, 并分别花费1~2年或3~6年完成由医学物理教育项目认证委员会(Commission on Accreditation of Medical Physics Educational Programs, CAMPEP)认证的硕士或博士学位。之后, 需通过美国放射学委员会(American Board of Radiology, ABR)从业资格考试, 包括两次笔试和一次口试。整个培训过程从研究生阶段开始, 耗时至少4年(硕士学位)至8年(博士学位), 之后还需要接受为期两年的住院物理师培训。近年, 一些项目设立了专业博士学位(Doctor of Medical Physics, DMP)课程。尽管DMP途径已确立, 其成本和认知问题引发讨论。非临床医学物理职业(如工业或政府部门)途径标准化程度较低, 但该领域需求增加, AAPM与学术医学物理项目主任协会(Society of Directors of Academic Medical Physics Programs, SDAMPP)也在拓展非临床职业的发展。

5.3 教育相关组织

多个专业协会支持医学物理教育, 包括AAPM、ABR、CAMPEP、美国医学物理委员会(American Board of Medical Physics, ABMP)和SDAMPP。这些组织已制定指导方针协调角色, 尤其在医学物理人员供应方面。2008~2012年, 美国医学物理领域逐步规范化, 提升医疗安全保障, 减少临床操作中的随机性。为确保临床物理师持续具备专业能力, 认证体系强调严格的评估与认证流程, 通常基于5~10年周期进行重新审核。规范化过程不仅加强了医学物理实践的标准化, 也确保了医疗质量和患者得到更好的保障。

5.3.1 本科教育

医学物理师通常具备物理学、工程学或其他物理科学的本科学位。一些大学设有医学物理专业学位或选修课程。虽本科学历需达到相当于辅修物理的标准, 但同等标准存在一定灵活性, 部分本科生在某些课程上有缺陷(如解剖学和生理学)也可进入研究生项目, 并在研究生阶段补足。最终, 本科教育的充分性会由研究生项目、认证机构及雇主来评估^[21]。

5.3.2 研究生教育

医学物理的专业职业需要硕士、博士或专业博士

学位。美国的学术医学物理项目数量多且分布广泛, 提供标准化课程及临床培训。随需求增加, 获CAMPEP认证的项目自1988年的2个增至2019年的54个。然而, 需求高于供应, 2019年1914份申请中仅677人被录取^[22]。毕业生多数申请住院医师项目, 硕士录取率为74%, 博士98%, 博士后证书67%^[21]。最高学位毕业后, 医学物理师可选择进一步参加住院医师或博士后研究项目。

5.4 住院物理师培训

自2014年起, 参加ABR Part 2认证考试需完成CAMPEP认证的住院物理师培训项目。对于非DMP毕业生, 完成住院培训是成为合格医学物理师(Qualified Medical Physicist, QMP)的必要条件^[23]。指导文件为AAPM发布的Task Group 249《临床医学物理住院培训项目的基本要求和指导方针》(Essentials and Guidelines for Clinical Medical Physics Residency Training Programs)^[24]。目前, 北美已有超过110个CAMPEP认证的住院项目, 包括94个放射治疗物理学和21个成像物理学项目。住院培训通常需两年, 包含多个科室的轮转, 以确保全面标准化的临床经验。然而, 由于名额有限, 申请人数远超录取人数, 成为人才供应的瓶颈。为优化匹配过程, 采用了获得2012年诺贝尔经济学奖的Gale-Shapley稳定婚姻算法的MedPhys Match系统, 通过双向排名确保最佳匹配^[23]。

5.5 替代途径

2011年CAMPEP引入博士后证书课程, 为进入临床医学物理领域提供了替代途径。该课程包含硕士或博士学位的部分核心课程, 并设有认证标准。尽管该课程为医学物理师供应增加了灵活性, 但因其相对新颖, 数据有限, 尚难确定其对行业的整体影响^[21]。

5.6 专业认证和执照

临床医学物理的专业认证和执照要求因州和就业环境而异。诊断物理学、核医学物理学和放射治疗物理学的需求也各不相同。主要认证机构为ABR, 提供诊断、治疗和核医学物理学的资格认证。认证考试分为三个部分, 包括两次笔试和一次口试。自2012年起, ABR Part 1资格考试要求申请人已开始或完成CAMPEP研究生教育。2014年起, ABR Part 2资格考试要求申请人已完成CAMPEP住院物理师培训。此外, 若医学物理师需担任辐射安全官(Radiation Safety Officer,

RSO), 则需符合特定资格并经美国核管制委员会(United States Nuclear Regulatory Commission, NRC)批准. 持有ABR认证的物理师在特定领域完成1年在职训练后可获得额外的专业认证^[21].

6 英国

6.1 概述

自1963年成立以来, 欧洲医学物理组织联合会(EFOMP)致力于协调各国医学物理培训与专业实践. 英国的医学物理教育深受欧洲标准影响, 其国民医疗服务体系(National Health Service, NHS)确保从业人员具备专业水平^[25]. NHS为医学物理学提供庞大的、统一标准的病例数据, 为研究提供强大的支持和安全的数据环境. NHS提供Digitrials服务简化临床试验过程, 全英国设有数字化临床研究设施. 目前, 英国医学物理与临床工程(Medical Physics and Clinical Engineering, MPCE)领域(包括技师、放疗医师等)从业人员约7500人, 但放射治疗领域尤为短缺. 据IPEM报告, MPCE领域的平均人员空缺率为10%, 在某些地区, 这一比例高达15%. 此外, 24%的员工即将退休, 71%的受访者认为现有人员配置不足以满足需求^[26].

6.2 执业资格与基础培训

要成为执业医学物理师, 须通过健康与护理专业委员会(Health and Care Professions Council, HCPC)注册. 申请者通常具备物理学、医学物理或生物医学工程、生物信息、生物科技相关学科的本科荣誉学位(一级或二级甲等)(<https://nshcs.hee.nhs.uk/programmes/stp/>), 并透过国家卫生保健科学学校(National School of Healthcare Science, NSHCS)管理的科学家培训计划(Scientist Training Programme, STP), 为期三年, 结合理论学习与医院实习, 涵盖放射治疗、医学成像和核医学. 尽管NHS过去10年放射治疗技术人员增长30.2%, 但近年来增速放缓, 空缺率仍达8.43% (https://www.sor.org/getmedia/4fe04eb7-46c6-4856-913d-441e09f6c3e4/RR-Census-2023_D1-7).

6.3 高级培训与职业发展

国民医疗服务体系(NHS)通过为期五年的高级专家科学家培训(Higher Specialist Scientist Training, HSST)培养高级专家, 涵盖临床实践、管理、研究及

教学. 完成HSST后, 学员可获得相应工作资格认可. 医学物理与工程研究所(Institute of Physics and Engineering in Medicine, IPEM)与医疗保健科学学院(Academy for Healthcare Science, AHCS)提供教育资源、培训及职业认证, 并与健康教育署(Health Education England, HEE)合作保障教育标准. 英国物理学会(Institute of Physics, IOP)同样为从业者提供专业网络和学术资源.

6.4 人才短缺与未来需求

HEE报告指出, 英国医学物理领域, 尤其是放射物理、非电离辐射和核医学, 存在10%~12%的空缺率, 部分领域更高, 约15.5%的从业者临近退休. 36%的放疗部门缺乏现代化信息技术基础设施, 阻碍新技术推广. “脱欧”与COVID-19疫情加剧了人才短缺和职业倦怠问题. 预计未来需求增长15%~20%, HEE建议扩大科学家培训计划(STP)学员名额, 并拓展教育规模以应对需求(https://www.sor.org/getmedia/4fe04eb7-46c6-4856-913d-441e09f6c3e4/RR-Census-2023_D1-7)^[27].

7 日本

7.1 概述

日本医学物理的发展中存在过多个组织. 日本医学物理学会(Japan Society of Medical Physics, JSMP)成立于2000年3月, 由日本放射物理师协会(Japanese Association of Radiological Physicists, JARP)和前日本医学物理师协会(Japanese Association of Medical Physicists, JAMP)合并而成(<https://www.jsmp.org/>)^[28]. JSMP的起源可追溯至1961年3月, 当时日本放射线学会(Japan Radiological Society, JRS)下设立了“物理专业委员会”, 这是JSMP的前身. JARP的历史始于1953年11月, JRS设立了物理委员会, 参与了医疗法的修订. 经过多次改组和名称变更, 1992年10月, 物理委员会更名为日本放射物理师协会(JARP). JAMP则成立于1977年, 由JRS物理委员会的物理师组成. 1980年, JAMP正式成为IOMP和AFOMP的成员. 2000年3月, JARP和JAMP合并, 成立了JSMP. JSMP的职责是对医学物理师的工作与科研进行支持, 举办科学会议、出版*Radiological Physics and Technology*等期刊, 并通过公开讲座促进发展. 作为AFOMP成员, JSMP积极参与国际合作与学术交流^[29].

7.2 认证制度

日本的医学物理师认证始于1987年,在日本放射线学会(JRS)举办的第一次医学物理师认证考试中,有70名医学物理师进行了认证。最初,只有具有理工科背景的人才能从事医学物理学工作,即使在2002年,也只有140人获得认证。当时,由于医学物理师在医学领域的地位不明确,从事临床实践的医学物理师并不多。但由于放射学设备和技术的进步以及需要大量的医学物理工作,医学物理师认证规则于2002年进行了修订,允许符合一定条件的医学放射技师取得资格。2009年,由日本医学物理师资格认证委员会(Japanese Board for Medical Physicist Qualification, JBMP)完善并制定课程指南,并于2011、2014、2018和2020年进行了修订,以满足设备和技术的需要,以及社会的需求。医学物理学教育体系自2007年作为文部科学省的一项政策被纳入“癌症专业培养计划(Ganpro)”以来得到发展。2012年,JBMP将按照医学物理学教育课程提供教育的课程认证为“认证医学物理学教育课程(认定医学物理教育)”^[29,30],截至2021年4月,已有25个硕士课程、13个博士课程、13个研究生院和2个临床培训课程获得认证。2019年,JBMP推出了专用于治疗的医学物理师(治疗专门医学物理师)的认证系统,进一步扩充了多样化的临床人才。截至2024年,共1480名医学物理师获得认证,广泛参与调强放射治疗、适应性放射治疗等高精度技术,确保治疗安全与精确性。

7.3 医学物理师教育项目的发展与现状

根据日本医学物理师资格认证委员会(JBMP)的调查^[30],大多数医学物理项目毕业生进入医疗机构,从事相关的医学物理工作,但也有部分选择继续深造或从事研究。一项对2007~2016年间的日本医学物理教育的系统研究显示,共有491名硕士生和105名博士生参与了医学物理教育项目,参与人数逐年上升^[30]。尤其是硕士课程的参与人数显著增加,越来越多的硕士毕业生选择在放射治疗领域工作,表明日本医疗机构逐步认识到该专业角色的重要性。日本的医学物理师认证性日益提升,积极参与国际会议。日本放射物理学会(JSMP)与日本放射技师学会(Japanese Society of Radiological Technology, JSRT)联合出版的*Radiological Physics and Technology*期刊,更成为亚洲-大洋洲医学物理组织联合会(AFOMP)的官方期刊(<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=17400154810&tip=sid>)。

7.4 职业发展与工作环境

由于日本人口老龄化,患者数量大幅增加,尤其是需要放射治疗和化疗的患者。因此,医疗服务需求上升,医院不得不增加高精度医疗设备,如加速器、粒子治疗、电脑断层扫描(CT)、核磁共振成像(MRI)等,总数超过24000台,数量超过其他国家。日本在粒子放射治疗,特别是重离子治疗领域,无论是基础研究还是临床实践,都处于国际领先地位,并已积累大量成功治疗案例。日本在医学成像和治疗设备的研发上也具有显著优势,特别是诊断成像设备领域,有包括富士胶片、佳能等大型公司,这些设备的普及和技术要求使得医学物理师的角色更加重要^[31],需要他们负责设备维护、治疗计划和质量控制,从而保证高质量的医疗操作^[28]。因此,设备增多直接推动了对医学物理师的需求增长。2020年,一项针对日本认证医学物理师的问卷调查揭示了其工作状况^[32]。在405份有效反馈中,大多日本医学物理师从事医疗相关职业,直属上司为医生或医学物理师,持有一级放射防护监督资格或通过相关考试,拥有硕士或博士学位,分配在独立于放射技师的部门。专职人员(>80%的工作时间)在治疗计划工作的比例为33.6%,质量管理工作的比例为31.3%^[32]。

8 中国

8.1 概述

中国医学物理学作为一门交叉学科,起源于20世纪50年代,旨在将物理学的基本原理应用于医学诊断、治疗及健康管理领域^[33]。关于中国医学物理学的发展、建设和共识的详细内容,已有文章进行深入讨论^[33~35]。以下将简要概述中国医学物理学的主要发展历程和现状。值得关注的是,中国医学物理学正处于从依赖经验型实践向基于循证医学的规范化模式转型的关键时期,以满足日益增长的精准医疗需求,这对医学物理专业提出了更高要求。

8.2 现状与挑战

随着现代医学的快速发展,医学物理学已涵盖放射肿瘤物理、医学影像物理、核医学物理及其他非电离辐射领域的应用,成为推动医学技术现代化的关键力量^[35]。尽管近年来中国在医学物理领域取得了一定进展,尤其是在拥有庞大的人才储备的前提下,但在学

科体系建设和人才培养方面仍面临诸多挑战^[33,34]。当前,中国医学物理教育体系呈现出培养路径多元化、课程体系缺乏统一性,以及高素质师资力量相对不足等问题,导致整体教育质量参差不齐。具体而言,国家层面尚缺乏统一的医学物理学教育标准、培训规范及职业准入制度,导致不同院校和机构的培养方案差异显著。同时,区域间发展不平衡问题突出,优质资源集中于发达地区,基层医疗机构医学物理力量薄弱。此外,合格的医学物理师数量远不能满足临床需求,现有从业人员普遍面临工作负荷过重、发展空间受限等问题,严重制约了中国医学物理事业的健康发展。现有教育体系在专业化和规范化方面仍有提升空间,难以支撑快速发展的临床需求。

针对上述问题,专家共识指出,应积极借鉴国际先进经验,构建与国际接轨的标准化医学物理学科体系,明确放射治疗物理、医学影像物理、核医学物理、放射防护物理等主要学科方向的核心课程和培养目标,并积极探索人工智能等新兴技术在医学物理领域的应用,以提升诊疗效率和精准度^[33]。调研结果表明,医学物理师在肿瘤放射治疗中承担着至关重要的职责,尤其在设备性能检测、治疗计划设计与验证,以及剂量质量保证等方面发挥着不可替代的作用^[34]。然而,由于国内医学物理师人才缺口巨大,许多医疗机构的医学物理师需要承担超出其专业范围的工作,这不仅加剧了工作压力,也直接影响了其职业发展和工作满意度^[34]。因此,亟需从顶层设计入手,改革现有教育体系,增加规范化培训机会,提升社会对医学物理师职业的认知度和认同感,并切实提高薪资待遇和职业发展前景,以吸引和留住优秀人才^[34]。为有效解决这些问题,当务之急是建立国家级医学物理师专业准入和认证体系,以此规范行业标准,提升专业人员的整体水平。同时,应大力发展继续医学教育(Continuing Medical Education, CME)项目,确保从业人员及时掌握最新的技术进展和行业规范。此外,政府应加大对医学物理教育、科研及人才引进的投入力度,并积极推动国际交流与合作,借鉴国际最佳实践经验。

展望未来,中国医学物理教育应进一步加强与国际标准的对接,制定统一的教育课程和临床实践规范,并加快推进医学物理师职业认证体系的建立和完善,从而确保医学物理专业人才在肿瘤放射治疗、医学影像等关键领域发挥更大作用。通过扩大硕士和博士研究生的培养规模,并积极促进医工理多学科交叉培训、

研究和运营,为实现“健康中国2030”战略目标提供坚实的人才保障和技术支撑^[33,35]。

9 美国、英国、日本和中国医学物理发展小结

在美国、英国、日本和中国的医学物理发展中,虽然各国面临的挑战与资源背景存有显著差异,但它们彼此间也有共通的目标与策略。美国的医学物理发展成熟,拥有标准化的教育和职业路径。主要的认证机构提供诊断、治疗和核医学物理领域的资格认证,确保医学物理师具备专业性和安全性的临床实践能力。这种严格的认证体系和丰富的教育资源奠定了美国在该领域的领导地位。相比之下,英国受欧洲标准影响,其国民医疗服务体系(NHS)通过科学家培训计划(STP)和高级专家科学家培训(HSST)来确保从业者的专业性。然而,放射治疗等领域仍然面临人力和设备短缺的挑战,未来需扩展培训规模以满足需求。日本是亚洲医学物理的领导者,其日本医学物理学学会(JSMP)推动了教育和科研发展,并通过认证制度确立了职业地位。尽管如此,日本仍需扩大住院培训项目,强化合作与临床经验,以满足不断增长的需求。中国的医学物理学发展迅速,特别是在放射肿瘤物理及医学影像物理方面。然而,中国在学科体系建设和人才培养方面仍面临挑战,亟需建立标准化的教育课程和职业认证体系。强化国际合作和增进教育资源将有助于解决这些问题。这四个国家都强调通过标准化教育和职业认证来提高医学物理实践的质量和安全性。它们的共同挑战包括人力资源短缺和技术需求的不断增长。然而,它们在资源可用性、教育标准化程度和技术应用方面存在显著差异。通过合作与经验交流,能够共同提升全球医学物理领域的整体水平。表1对以上四个国家的医学物理发展进行了比较。

10 结论

总结来说,全球医学物理领域在学科建设、教育认证、职业发展和教育模式方面正稳步前行。发达国家如美国、日本和欧洲,已建立成熟的教育和职业路径,值得发展中国家借鉴,以促进知识和技术共享,提高医学物理水平。全球医学物理界通过持续不断的努力,致力于提升行业标准,并为发展中国家和地区提供支持。标准化和规范化对国际合作和医疗技术的安全性、有效性至关重要。确保培训内容与临床需求匹配,

表 1 医学物理发展比较——四个代表性国家

Table 1 Comparison of medical physics development—four representative countries

国家	优势	劣势	医学物理师数量(年份)	每万人医学物理师数量
美国	广泛的研究资金和突破; 先进的治疗和诊断技术; 高质量的医疗保健; 在培训和临床实践方面的领先机构, 如NIH(National Institutes of Health)和NSF(National Science Foundation); 强大的认证和许可体系, 以及标准化的医学物理教育项目(CAMPEP)	退休劳动力导致的人员短缺; 联邦政府对教育和研究的投入 资金减少	8200 (2022年) ^[21]	0.24
英国	通过NHS提供高质量的研究和临床试验环境; 数字健康倡议; 基于社区的诊断服务; 通过IPEM(Institute of Physics and Engineering in Medicine)认证和研究资助提供强大的职业发展	退休潮造成的员工培训短缺; 受COVID-19影响的资金不均; 医院间资源差距显著; 应对劳动力流动性挑战	711 (2022年) ^[25]	0.11
日本	在粒子辐射治疗方面开创先河; 重离子治疗的领先研究; 先进的影像学系统和产业联盟; 新技术的快速临床转化	医学物理师分布不均; 临床医生英语能力有限; 小型机构缺乏全职物理师	1463 (2023年)(https://www.med.hokudai.ac.jp/en/bme/medical-physicists.html)	0.12
中国	政府支持医学物理学研究; 专注于国内医疗设备创新; 增加对医学物理学的研发投入; 改善医疗基础设施和设备; 庞大的人口基础为医学物理学提供广阔的市场	医学物理师短缺; 医学物理师的专业地位认同度低; 医学物理学培训和资源的质量与 可用性不均 教育标准化进展缓慢; 医疗资源分布不平衡	4475 (2020年) ^[36]	0.032

规范职业路径, 有助于吸引更多年轻人加入这一领域。随着全球对高质量医疗服务需求增加, 各国都面临医学物理师短缺问题。通过增加人才供应和促进国际合

作, 发展中国家可缩小差距, 将科学技术转化为实际效益。通过这种互补协作, 发达国家和发展中国家都将能从中受益。

参考文献

1 Maas A J J, Lammertsma A A, Agius S, et al. Education, training and registration of Medical Physics Experts across Europe. *Physica Medica*, 2021, 85: 129–136

2 Geleijns J, Breatnach É, Cantera A C, et al. Core curriculum for medical physicists in radiology. Recommendations from an EFOMP/ESR working group. *Insights Imag*, 2012, 3: 197–200

3 Christofides S, Eudaldo T, Olsen K J, et al. The Education and Training of the Medical Physicist in Europe The European Federation of Organisations for Medical Physics-EFOMP Policy Statements and Efforts. In: 11th Mediterranean Conference on Medical and Biomedical Engineering and Computing 2007. IFMBE Proceedings, Vol 16., Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73044-6_79

4 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

5 Diaz O, Guidi G, Ivashchenko O, et al. Artificial intelligence in the medical physics community: an international survey. *Physica Medica*, 2021, 81: 141–146

6 Zanca F, Hernandez-Giron I, Avanzo M, et al. Expanding the medical physicist curricular and professional programme to include Artificial Intelligence. *Physica Medica*, 2021, 83: 174–183

7 Beckers R, Kwade Z, Zanca F. The EU medical device regulation: implications for artificial intelligence-based medical device software in medical physics. *Physica Medica*, 2021, 83: 1–8

8 Round W H, Ng K H, Healy B, et al. AFOMP Policy Statement No. 4: recommendations for continuing professional development systems for medical physicists in AFOMP countries. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2012, 35: 393–397

9 Chougule A. Status of medical physics education and training in AFOMP region. *Phys Eng Sci Med*, 2021, 44: 357–364

10 Yorke A A, Williams V M, Elmore S, et al. Radiation therapy physics quality assurance and management practices in low- and middle-income countries: an initial pilot survey in six countries and validation through a site visit. *Adv Radiat Oncol*, 2024, 9: 101335

11 Bray F, Jemal A, Grey N, et al. Global cancer transitions according to the Human Development Index (2008–2030): a population-based study.

- [Lancet Oncol](#), 2012, 13: 790–801
- 12 Klein E E, Hanley J, Bayouth J, et al. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators. [Med Phys](#), 2009, 36: 4197–4212
 - 13 Huq M S, Fraass B A, Dunscombe P B, et al. The report of Task Group 100 of the AAPM: application of risk analysis methods to radiation therapy quality management. [Med Phys](#), 2016, 43: 4209–4262
 - 14 Page B R, Hudson A D, Brown D W, et al. Cobalt, linac, or other: what is the best solution for radiation therapy in developing countries? [Int J Radiat Oncol Biol Phys](#), 2014, 89: 476–480
 - 15 Slotman B J, Cottier B, Bentzen S M, et al. Overview of national guidelines for infrastructure and staffing of radiotherapy. ESTRO-QUARTS: Work package 1. [Radiother Oncol](#), 2005, 75: 349.E1–349.E6
 - 16 Slotman B J, Vos P H. Planning of radiotherapy capacity and productivity. [Radiother Oncol](#), 2013, 106: 266–270
 - 17 Datta N R, Samiei M, Bodis S. Radiation therapy infrastructure and human resources in low- and middle-income countries: present status and projections for 2020. [Int J Radiat Oncol Biol Phys](#), 2014, 89: 448–457
 - 18 Alleyne-Mike K, Sylvester P, Henderson-Suite V, et al. Radiotherapy in the Caribbean: a spotlight on the human resource and equipment challenges among CARICOM nations. [Hum Resour Health](#), 2020, 18: 49
 - 19 Abdel-Wahab M, Zubizarreta E, Polo A, et al. Improving quality and access to radiation therapy—An IAEA perspective. [Semin Radiat Oncol](#), 2017, 27: 109–117
 - 20 Rodin D, Aggarwal A, Lievens Y, et al. Balancing equity and advancement: the role of health technology assessment in radiotherapy resource allocation. [Clin Oncol](#), 2017, 29: 93–98
 - 21 Newhauser W D, Gress D A, Mills M D, et al. Medical physics workforce in the United States. [J Appl Clin Med Phys](#), 2022, 23: e13762
 - 22 Commission on Accreditation of Medical Physics Educational Programs, Inc. CAMPEP Accredited Graduate Programs in Medical Physics. <http://www.campep.org/campeplstgrad.asp>
 - 23 Clark B. CAMPEP 2014 Graduate Program Report. Commission on Accreditation of Medical Physics Education Programs, Inc., 2014, Available from: <https://www.campep.org/2014AnnualGraduateReport.pdf>
 - 24 Prisciandaro J I, Willis C E, Burmeister J W, et al. Essentials and guidelines for clinical medical physics residency training programs: executive summary of AAPM Report Number 249. [J Appl Clin Med Phys](#), 2014, 15: 4–13
 - 25 Griffin L. The medical physics workforce in the Midlands: current and future challenges. Institute of Physics and Engineering in Medicine, 2021, Available from: <https://www.hee.nhs.uk/sites/default/files/documents/HEE%20Medical%20Physics%20Report%202021.pdf>
 - 26 Griffin L. UK Medical Physics and Clinical Engineering workforce shortage requires urgent action. Institute of Physics and Engineering in Medicine, 2021, Available from: <https://www.iop.org/sites/default/files/2021-11/Medical-Physics-Workforce-Report-2021.pdf>
 - 27 Kron T, Azhari H A, Voon E O, et al. Medical physics aspects of cancer care in the Asia Pacific region: 2014 survey results. [Australas Phys Eng Sci Med](#), 2015, 38: 493–501
 - 28 Hayashi N, Mizuno H, Fukuda S. Medical physicists in Japan: past, present and future. [Med Phys](#), 2020, 8: 3–10
 - 29 Tsuda K, Fukushima M. Comparison between medical physicist in the field of American nuclear medicine and Japanese present conditions (in Japanese). [Jpn J Med Phys](#), 2018, 38: 74–78 [津田启介, 福土政広. 米国の核医学分野における医学物理士と日本の現状との比較. 医学物理, 2018, 38: 74–78]
 - 30 Kadoya N, Karasawa K, Sumida I, et al. Educational outcomes of a medical physicist program over the past 10 years in Japan. [J Radiat Res](#), 2017, 58: 669–674
 - 31 Tohyama N, Okamoto H, Shimomura K, et al. A national survey on the medical physics workload of external beam radiotherapy in Japan. [J Radiat Res](#), 2023, 64: 911–925
 - 32 Tohyama N, Okamoto H, Kurooka M, et al. Questionnaire survey of Japanese medical physicists on working conditions in 2020 (in Japanese). [Jpn J Med Phys](#), 2022, 42: 123–142 [远山尚纪, 冈本裕之, 黒岡将彦, 等. 2020年医学物理士就労状況アンケート報告. 医学物理, 2022, 42: 123–142]
 - 33 Sun Q, Gao P, Li D, et al. Career development and status analysis of medical physicists (in Chinese). [Chin J Clin Oncol](#), 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]
 - 34 Hu Y M. The past, present, and future of medical physics in China (in Chinese). [Physics](#), 2007, 36: 51–54 [胡逸民. 中国医学物理学过去、现在与未来. 物理, 2007, 36: 51–54]
 - 35 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建设与探索专家共识. 中国医学物理学杂志, 2024, 41: 397–403]
 - 36 Qiu J, Yang B, Chai S, et al. Infrastructure of radiation oncology in China: a national survey for development and allocation of radiotherapy equipment during the 14 th Five-Year Plan period (in Chinese). [Chin J Radiat Oncol](#), 2022, 31: 405–409 [邱杰, 杨波, 柴爽, 等. “十四五”大型医用设备规划编制基础研究放射治疗组地区调查研究. 中华放射肿瘤学杂志, 2022, 31: 405–409]

Summary for “全球医学物理发展状况”

A global perspective in contemporary medical physics

Jerry Chi-Fung Ching¹, Ziyi Zeng¹, Zi Yang², Dejun Zhou¹, Andy Lai-Yin Cheung³,
Shara Wee-Yee Lee¹ & Jing Cai^{1,4*}

¹ Department of Health Technology and Informatics, Faculty of Health and Social Sciences, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

² Department of Radiation Oncology, Stanford University School of Medicine, Palo Alto, California 94305, USA

³ Medical Physics Division, Oncology Radiotherapy Centre, St. Paul's Hospital, Hong Kong, China

⁴ Research Institute for Intelligent Wearable Systems, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

* Corresponding author, E-mail: jing.cai@polyu.edu.hk

This paper aims to outline the current status, major development directions, and challenges faced in the field of global medical physics, with a focus on education, certification, and technology. Based on the organizational structure of the International Organization for Medical Physics (IOMP), the paper explores the different characteristics and challenges of medical physics development in Europe, the Asia-Pacific region, and Africa from a regional perspective. These regions represent different stages of global medical physics development and highlight the importance of regional-based international cooperation in advancing medical physics. While these regions face unique issues, they also share the common goal of improving medical practices through the advancement of medical physics.

In countries with matured medical physics development, the United States, the United Kingdom, and Japan are representative. The United States trains highly specialized medical physicists through rigorous education systems, clinical residency programs, and certification processes, ensuring the safety and precision of clinical practice. The integration of research and clinical applications in the United States enables the country to remain at the forefront of technological innovations in medical physics. The United Kingdom has played an important role in the development of radiotherapy technology. Despite challenges such as equipment and human resource shortages, it is actively expanding training programs to meet healthcare demands. Moreover, the United Kingdom has focused on making radiotherapy treatments more efficient and accessible, adapting to evolving patient needs and technological advancements. Japan demonstrates a leadership role in technology within the Asia region, vigorously promoting certification systems and establishing professional status. Japan's commitment to integrating cutting-edge technology with clinical practice has placed it in a leadership position, particularly in the fields of diagnostic imaging and charged particle radiation therapy.

As a rapidly developing country, China has made significant progress in the field of medical physics. It is actively enhancing the medical physics education system, strengthening international cooperation, advancing discipline construction, and accelerating talent cultivation. China's investment in research and development, as well as its emphasis on cross-disciplinary collaboration, has fueled rapid advancements in the field. Although there is still ample room for improvement in educational standardization and resource allocation, China is continuously narrowing the gap through reform and innovation. The country is also making strides in developing its advanced medical technologies and is increasingly becoming a key player in the global medical physics landscape.

By comparing the practical experiences of different regions and countries, this paper aims to deepen the understanding of the global development trends and future challenges in medical physics, emphasizing the importance of international collaboration and knowledge sharing. The study underscores how each region's unique challenges—whether economic, technological, or educational—can be addressed through collaborative initiatives that foster mutual learning and advancement. By optimizing educational resources, promoting advanced technology, and enhancing standardization, countries can accelerate the narrowing of development gaps, collectively meet the growing global demand for high-quality healthcare services, and promote the sustainable development of medical physics. Such efforts will ensure that medical physics continues to evolve in line with the needs of an increasingly interconnected and globalized healthcare environment.

medical physics, radiotherapy, international collaboration, education and training, qualification, human resources

doi: [10.1360/TB-2024-1281](https://doi.org/10.1360/TB-2024-1281)