

Doi : doi.org/10.70693/cjmsr.v1i1.618

医工结合在精准医疗中的应用研究

吴桐疏雨¹

(¹山东大学 控制科学与工程学院 山东 济南 250002)

摘要: 医工结合是现代医学与工程技术相融合的重要趋势，特别是在精准医疗领域的快速发展中扮演着关键角色。本文从医工结合的基本概念和发展历程出发，分析其在精准医疗中的四大应用场景，探讨当前面临的技术、伦理与成本挑战，并提出未来发展的方向与建议。研究表明，医工结合不仅提高了医疗的效率与精度，还推动了医学与工程的学科交叉与产业创新。

关键词: 医工结合；精准医疗；生物医学工程；智能医疗；学科交叉

引言

研究背景

2021 年，工业和信息化部、国家卫生健康委员会等 10 部门联合印发《“十四五”医疗装备产业发展规划》^[1] (简称《规划》)，2023 年 8 月，国务院审议通过《医疗装备产业高质量发展行动计划(2023-2025 年)》(简称《行动计划》)。我国医疗装备发展重获生机，高端医疗装备大量出现，不少“卡脖子”的零部件实现从零到一的突破，尽显医工协同创新活力，装备保障能力不断提升。但医工融合也面临一系列挑战，我国要提高医疗装备产业韧性和现代化水平，补完在高端医疗设备方面的不足，助力我国医疗产品走向全世界，大力培养、引进医工交叉复合型人才。^[2]由此可见，我国在医工融合领域想打好产学研高质量发展攻坚战仍然任重道远。基于此，笔者依据《规划》及《行动计划》编制背景和部署要求，通过查阅相关文献，梳理医工结合所取得的成就及面临的挑战，展望未来创新发展之路。随着生命科学、医学影像和生物医学工程技术的快速进步，现代医疗体系逐步转向个性化、智能化和精准化。精准医疗强调基于患者个体特征（如基因组、环境、生活习惯等）定制治疗方案，而实现这一目标的关键在于医学与工程技术的深度结合（即医工结合）。

研究意义

医工结合不仅是学科交叉的体现，更是解决传统医疗痛点的有效手段。例如，人工智能（AI）与机器学习算法被用于疾病预测；先进的医疗器械提升了诊断的准确性；可穿戴设备推动了健康数据的实时监控。因此，对医工结合在精准医疗领域的作用进行深入研究，具有重要的学术与实践意义。

1 医工结合的基本概念与发展历程

1.1 医工结合的定义

医工结合是指通过将工程学方法与医学问题相结合，开发创新性医疗技术和解决方案的过程。其核心在于医学需求驱动工程创新，工程手段反哺医疗实践。

1.2 医工结合的发展历程

从传统医学仪器（如 X 射线机）的发明，到现代机器人辅助手术系统（如达芬奇手术机器人）的普及，医工结合经历了以下三个发展阶段：

1. 基础设备阶段：以满足临床基本需求为主。
2. 智能化阶段：以人工智能与自动化技术为核心，提高诊断效率与治疗精准度。
3. 数据驱动阶段：以大数据分析、云计算为支撑，实现疾病预测、诊断和治疗全流程优化。

2 医工结合在精准医疗中的应用

2.1 基因测序技术的突破

高通量基因测序（Next-Generation Sequencing, NGS）是精准医疗的重要技术基础。其通过将 DNA 随机片段化、加接头，制备测序文库，对文库中数以万计的克隆进行延伸反应，检测对应的信号，最终获取序列信息。医工结合推动了基因测序设备的小型化与高效化，同时结合机器学习算法优化了数据分析流程。例如，CRISPR 技术的广泛应用依赖于微纳制造技术的支持。

2.2 医学影像的智能化

医学影像技术（如 MRI、CT、超声）的进步是医工结合的重要成果之一。近年来，深度学习算法在影像识别中的应用显著提升了疾病诊断的精度。当代医学影像 1 处理算法是对原始医学影像进行直方图均衡化预处理得到初级医学影像，对初级医学影像执行卷积操作，得到初级特征图。而后将医学影像中的人体左右对称的点作为目标关键点，获取其位置信息，基于此配准不同影像，包括调整影像的显示大小、角度和位置。应用滤波器消除图像中的噪声，改善图像质量，如中值滤波器、高斯滤波器等。将医学影像数据划分为不同区域或结构，常见方法包括阈值分割、区域生长算法、边缘检测等，以定位和分析特定组织或病变。当下基于 AI 的肺癌筛查系统已经实现了早期检测的自动化与高效化。

2.3 智能可穿戴设备

智能手环、智能手表等可穿戴设备通过监测心率、血氧水平等生理指标，为精准医疗提供了实时数据支持。这些设备的设计与制造涉及工程领域的传感器技术、数据传输和低功耗处理技术。

2.4 手术机器人与远程医疗

远程医疗科技是指利用现代信息通信技术，实现医疗服务的远程提供和管理。在信息化、网络化、智能化的时代背景下，远程医疗科技正以独特的优势，改变着传统的医疗服务模式，为患者提供更加便捷、高效的医疗服务。^[3]手术机器人系统的出现显著提升了远程复杂手术的成功率与安全性，而远程医疗则依赖于高速通信与影像传输技术的进步。5G 技术的普及使得医生能够实时为远程患者提供精准诊疗。

3 医工结合面临的挑战

3.1 技术瓶颈

从技术层面来看，存在数据获取与标注的困难。人工智能的有效性依赖大量高质量的医疗数据，但这些数据常分散在不同医院且格式不统一，其多样性与隐私性也使数据整合极为复杂。同时，专业医疗知识对于数据标注至关重要，而具备这一能力的人员相对短缺，导致数据质量不均，影响 AI 模型的训练效果。此外，现有的人工智能算法种类虽多，但针对特定医疗应用（如稀有疾病的诊断）仍需进一步优化，医疗领域的复杂性要求算法具备更高的准确性和可靠性，尤其是在关键诊断环节。

在应用实践方面，存在临床接受度的问题。部分医疗专家对新兴的人工智能技术持保留态度，担心其安全性与可靠性，且缺乏相关培训导致无法有效使用这些工具，从而限制了 AI 的临床应用。而且，当前人工智能主要集中在病理影像诊断与疾病预测等少数领域，其他复杂医疗场景如手术规划和个性化治疗方案的应用尚处于探索阶段。

3.2 伦理问题

医工结合带来的技术进步也引发了新的伦理挑战。例如，AI 算法的决策透明性、基因编辑的伦理争议、可穿戴设备可能涉及的隐私泄露问题等。当 AI 系统出现错误时，责任的界定与患者隐私的保护成为法律上的空白领域，急需建立明确的规章制度。此外，现有法律法规难以跟上技术进步，导致 AI 医疗产品的审核与监管存在诸多空白。

3.3 成本与普及化

高端医疗设备与技术的研发与应用成本高昂，限制了其在资源有限地区的推广。医工融合项目的开展需要投入一定的资源，包括人力、物力和财力等。例如，利用人工智能技术研发视频评分系统，需要专业的科研人员和先进的技术设备，这会增加一定的成本。然而，从长远来看，这些投入有望带来成本的降低。例如，通过智能化评估脑卒中患者的神经功能受损程度，为临床医生提供重要依据，有助于制定更合理的诊疗方案，提高治疗效果，减少患者的住院时间和康复成本，降低脑卒中复发风险，从而改善患者预后及生活质量。

在普及化方面，医工融合的发展需要各方的共同努力。政府、医疗机构、高校和企业应加强合作，充分发挥各自的优势，共同推动医工融合的发展。例如，民建海淀区委企业委员会举办医工融合主题研讨会，提出要发挥民建密切联系经济界的特色优势，搭建医工融合工作小组，调动相关企业资源，优化医疗资源配置。此外，5G 技术与远程医疗的融合也为医工融合的普及提供了新的途径，通过提高医疗资源的利用效率，降低医疗成本，有助于缓解看病难、看病贵等问题。

4 医工结合的发展方向

4.1 跨学科教育与科研平台建设

推动医学与工程学科的深度交叉，通过建立医工结合的教育体系与研究平台，培养复合型人才。同时可以开展专题讲座，通过举办如罗彬博士以《科研与发明专利合作—跨区域与跨学科》为题的讲座，聚焦医工融合，为产学研工作提供思路和启发，强调整合优势资源，培育创新团队、平台和实验室，构建协同育人体系。同时，学校要坚持办学定位，主动融入国家战略，推进校企共同体迭代升级，深化产教融合、科教融汇，促进系统有机融合协同发展，构建高质量发展新生态。各单位要提高认识，主动对接，压实责任，狠抓落实，加强规划引领。

4.2 数据标准化与共享

制定相关标准规范：如北京清华长庚医院参编的《肝胆疾病标准数据规范》，涵盖肝癌全流程的诊疗

及健康数据，遵循信息化、智能化的应用要求，既是临床研究领域的专业规范，也是信息科技领域的技术标准，作为医工交叉合作的创新型医疗科技标准体系，有助于推进国家肝胆疾病数据库建设，实现标准化数据互联互通。^[4]

推动医疗数据标准化：通过制定和实施统一的数据规范，消除数据壁垒，促进医疗数据的流通和利用。国内外已经制定了一系列医疗数据相关标准，如HL7、DICOM、ICD等，并在不同程度上得到了应用。

促进医疗数据共享：建立共享机制，实现不同医疗机构、不同系统之间的数据共享与交换，提高数据利用效率。在数据标准化与共享过程中，需建立完善的数据安全保障机制，确保患者隐私和数据安全。

重新审视医工交叉中医生和工程师的角色和关系：医生应参与到算法开发的过程中，将医学知识和临床经验融入到算法设计中，以数据驱动为根本的同时，充分发挥领域知识的作用。

加强跨学科的交流：如通过像ISICDM这样的理工医大融合的会议，促进不同专业人士的学术交流与合作，激发产学研医协同创新与技术落地。

4.3 伦理法规的完善

通过制定针对医工结合技术的伦理与法律规范，确保技术研发与应用过程符合伦理要求，保障患者权益。

加强学术研讨：举办相关主题的学术论坛，邀请医工交叉领域的专家学者共同探讨伦理法规问题，分享经验和见解。

设立专门研究项目：组织开展医工交叉伦理法规方面的研究项目，深入探讨相关问题，为完善法规提供理论支持。

结合临床需求：以临床需求为导向，制定符合实际情况的伦理法规，确保其具有可操作性和实用性。

推动多部门合作：联合学校、医院、相关企业以及政府部门，共同参与医工交叉伦理法规的制定和完善，形成合力。

借鉴国际经验：关注国际上医工交叉伦理法规的发展动态，吸收有益的经验 and 做法，结合我国实际情况进行本土化应用。

加强宣传教育：提高医工交叉领域从业人员的伦理法规意识，使其在工作中自觉遵守相关规定。

4.4 提升技术可及性

通过研发低成本、高性能的医疗技术，推动精准医疗在全球范围内的普及化应用。

加强学术研讨：举办如“更融合，更前沿——拥抱医工结合新浪潮”的主题论坛，国内医工结合领域的专家学者就相关话题进行学术研讨，分享经验，共同助力医工结合领域新发展。

推进产学研用全链条完善：从推进核医学技术创新、推动科技创新成果转化、积极发展前沿医疗三方面不断完善健全产学研用全链条，更好满足人民群众多层次、多元化的健康需求。

加强医工交叉合作：医疗机构与高校积极携手，深入推进医工交叉融合，努力构建交叉学科科技创新平台体系；立足医学、生命和电子信息等学科交叉领域，加强关键技术攻关，突破关键共性和前沿引领技术，加速科技成果转化；加速人才吸引和培养，构建高素质人才队伍。

纳入国家战略：世界各国纷纷将医工融合纳入国家战略，以应对日益复杂的健康问题和老龄化社会带来的医疗挑战。中国政府也在相关规划纲要中明确提出要加强医学与工程技术的深度融合，推动健康产业的升级与创新。^[5]

推动技术应用：通过将先进的工程技术与医学研究相结合，应用高精度的医疗设备和技術，如影像诊断设备、手术机器人和可穿戴健康监测设备等，使医学实践更加精准和高效。^[5]同时，利用人工智能和大数据技术实现疾病的早期预测、个性化治疗方案的制定，并提高医疗服务的智能化水平；发展生物工程和再生医学，为治疗复杂疾病和修复受损组织提供新的治疗方法。

建立创新研究平台：建立如合肥的医工融合医疗装备创新研究平台，致力于研发先进的医疗仪器，聚

焦于满足临床需求，进行微器件打印和基因测序，在辅助生殖、细胞治疗等方面提供多种技术支持。

开展创新能力平台设计与实践：设计和建设医工融合专业创新能力平台，充分利用学生的业余时间开展第二课堂，探索形式多样的培养渠道，根据实际情况分目标建设，建立不同导向的创新的平台，引导创新理论与实践。

5 结论

医工结合是实现精准医疗的重要路径，为医学的发展提供了新的动力。尽管在技术、伦理和经济层面存在挑战，但通过加强学科交叉合作、完善法规政策以及降低技术门槛，医工结合将在未来医学中发挥更大的作用。

[参考文献]

- [1] 万遂人, 顾晓松, 骆清铭等. 生物医学工程发展方向和我国高端医疗器械突破点[J]. 广西医科大学学报, 2023(04):27-32.
- [2] 姚佳烽, 邓琪, 刘凯. 基于医工融合的高端医疗装备研究进展[J]. 机械制造与自动化, 2022(02):7-10+14.
- [3] 唐旻尧. 远程医疗科技的应用与实践[J]. 自动化应用, DOI: 10.19769/j.zdhy.2024.S2.054
- [4] 冯晓彬, 黎成权, 杨爱平等. 《肝胆疾病标准数据规范》系列解读[J]. 中华消化外科杂志, 2021-01-20
- [5] 张道强. “医工融合”专栏序言[J]. 数据采集与处理, 2024-7-15