



“医工结合”的人道主义反思

李振良^{1*}, 黄晓梦², 李媛¹

1. 河北北方学院 高等教育研究所 张家口 075000;

2. 河北北方学院附属第一医院 伦理办 张家口 075000

摘要: 医工结合是推动现代医学发展的关键范式, 在提升诊疗水平、促进产业化及革新人才培养模式方面成效显著。然而, 其快速发展也引发了关于医学本质与人道主义的深刻反思。本文从多维度解析医工结合, 指出在产业层面, 它历经手工工具、医学“工程化”至现代“智能化”的演变, 具有鲜明的产业属性; 在学科专业层面, 其催生了生物医学工程、智能医学工程等新兴交叉学科, 知识体系与学位授予均表现出强烈的工科属性; 在人才培养层面, 主流模式为“医者学工”, 旨在培养具备工程素养的复合型医学人才。研究表明, 医工结合的本质实为工程学向医学领域的渗透与扩张, 这可能导致“造物”的工程逻辑与“救人”的医学人文关怀之间产生价值失谐, 引发技术伦理、公益性质疑与人文关怀弱化等风险。为此, 亟需构建以医学人道主义为核心、医学人文教育为支撑的新型医工结合体系, 实现从“技术驱动”到“价值引领”的转变, 确保科技创新真正服务于人的健康福祉, 为患者提供兼具先进性与人性化的医疗服务。

关键词: 医工结合; 医学人道主义; 新医科; 新工科

中图分类号: R-1; TH77; G64 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2025)06-0694-11

引言

医学发展离不开技术进步的推动, 医学与工程的结合处于医学创新的前沿, 从而推动了医疗设备、生

物材料和信息技术的快速发展。在提升诊疗水平、优化医疗流程和增强患者体验方面, 这种结合展现出了巨大的成功和无穷的潜力。此外, 医工结合也是医学教育的重要课题, 伴随着“四新”建设(新工科、新

收稿日期: 2025-03-18; **修回日期:** 2025-04-27

基金项目: 河北省医学科学研究课题计划: 伦理新治下冀西北区域医学伦理审查中心建设的探索 (20250897)

作者简介: *李振良 (1968—), 男, 博士, 教授, 研究方向为生命伦理学。E-mail: zhllee68@163.com (通讯作者)

黄晓梦 (1993—), 女, 学士, 主治医师/中级经济师, 研究方向为生命伦理学。E-mail: 15612306910@163.com

李媛 (1996—), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为现代教育技术。E-mail: 824751319@qq.com

引用格式: 李振良, 黄晓梦, 李媛. “医工结合”的人道主义反思[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2025, 17(6): 694-704. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20250041. CSTR: 32282.14.JES.20250041

LI Z L, HUANG X M, LI Y. Humanistic Reflections on Medical-Engineering Integration[J]. Journal of Engineering Studies, 2025, 17(6): 694-704. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20250041. CSTR: 32282.14.JES.20250041

医科、新农科、新文科)的兴起而愈发活跃。从国内近期有影响力的研究成果来看,一部分研究聚焦于医疗器械、装备的研制使用以及成果转化。例如,医疗机器人技术的融合发展^[1]、医院医疗设备的开发与质量控制^[2]、针灸与电、光、声、磁等物理技术相结合产生的治疗仪器在临床中的应用^[3],以及促进医疗器械成果转化的策略研究^[4]等。更多的研究则着重于校企合作,致力于培养交叉创新人才。例如,朱松盛等^[5]提出了需求导向型培养模式在生物医学工程人才培养方面的进一步应用;谷士贤等^[6]从制度建设、需求导向、培养质量和思政体系等方面出发,探讨了创新培养医工交叉人才的路径。李严兵等^[7-8]从培养创新型研究生教育体系的角度,论证了医工交叉人才培养的必要性与路径。敖虎山^[9]探讨了该领域战略科学家培养的问题。另外,一些研究还着眼于新医科、新工科建设中的医工结合人才培养实践路径,包括课程建设^[10-11]和学科专业建设^[12]等。

尽管研究者在医学人工智能、大数据等特定医工领域提出了关于“处理好临床、研发、伦理、科研的关系”的观点^[13],提出“研究的开展必须遵循相关伦理标准”的准则^[14],并强调了“保护隐私”和“确保数据主体的知情同意”的重要性^[15-16],在传统医学的医工结合中,指出了“形合意未合”的缺陷。然而,对于医工结合的讨论仍然以诠释、辩护和实践为主导,伦理反思仅仅停留在泛泛之谈,并未进行价值论层面的深入分析,这无疑是一种遗憾。

“医学中的人道主义是几千年来医疗实践中形成的宝贵的医德传统,也是医学伦理学中一个带有全局性的问题。”^[17-18]同时,医学人道主义具有极强的实践属性,它涵盖了两个相辅相成的内容:一是表现在技术层面的“治病救人”的“人道”能力;二是体现在职业道德上的“尊重人的价值”的道德要求。医学科学、技术和工程的进步,极大地提升了“治病救人”的“人道”能力,然而,在“尊重人的价值”层面却引发了反思。鉴于医工结合的医学教育体系对医学发展的未来乃至人类健康的未来至关重要,从基础价值层面进行反思就显得十分必要了。因此,本文将探讨医工结合对医疗、学科与人才培养的影响,分析其带来的伦理挑战——医工结合推动医疗技术革新,

但也会带来隐私保护、资源分配不均等问题。以期构建和谐的医工结合体系,实现技术与医学的和谐共生。

1 医工结合概念的多角度解析

医工结合是医学与工学交叉融合发展的概念,其内涵因语境和发展阶段的不同而有所变化。在医学教育实践中,与医工结合相关联的概念还有医工交叉、医工融合等^[1,6,12]。虽然这三个概念间存在细微的差异,但它们是紧密联系的。尽管本文主要论述医工结合,但并非排除其他两个概念。从医工结合的含义来看,它既是医疗产业的概念,也是医学人才培养模式和学科专业的概念。这种结合旨在实现医疗产业与医学教育之间的深度融合,推动医学领域的发展与创新。同时,医工结合也强调医学与工程技术的相互渗透,促进医学技术的进步和医学教育的改革。在医疗产业、医学人才培养和学科专业方面,医工结合都具有重要的意义。

1.1 医疗产业视域下的医工结合

“医工结合在我国医学发展中具有重要意义。自然科学通过医学造福人类,而医学的发展则依赖于自然科学技术的发展。要实现高水平的临床医疗工作,必须有优良的仪器设备作为支撑。”^[19]医工结合是医学发展在工程层面的必然要求。自从有了诊断与治疗的工具,医与工的结合便应运而生。

第一代医工结合主要体现在手工工具的制造和使用上,如针灸针、煎药壶、火罐、骨伤辅具等。随后,第二代医工结合以医学“工程化”为标志,体现在电器和新兴材料上,如手术器械、血压计、心电图机以及CT、超声、电子显微镜等。纳米技术的出现和应用,则在医疗保健领域带来了革命性的变化,为诊断、药物递送、癌症治疗和对抗传染病提供了前所未有的机会^[20]。

第三代现代医工结合主要体现在医学的“智能化”上,众多智能化工具和技术被引入医学领域,包括人工智能、基因技术、细胞治疗、智能适老、类脑智能以及智能医疗健康终端等。在此基础上,以大部

据和人工智能构成的虚拟工具实现了功能的重要拓展,其革命性在于能够代替人脑进行“思考”。智能设备成像与人工智能的结合,可以实现早期、精确的诊断、个性化治疗,并提升疾病护理的服务可及性。这些创新有望在健康领域带来潜在的革命性变化^[21]。

现代医工结合涵盖了教育、基础研究、人才培养、成果转化直至产业化的全过程,从一个侧面揭示了医工结合是一个逐步走向产业化的进程。由此可见,医工结合首先在产业层面得到体现,并获得了产业的支持。其产业属性和经济属性以及由此产生的产业思维是不容忽视的。

1.2 学科专业视域下的医工结合

在广泛意义上,医工结合指的是将医学与医学以外的广泛理工学科范畴进行交叉融合、协同创新的方式,以满足医学的实际需求^[22]。当前教育改革的重要任务之一,就是建设医工结合人才培养体系、学科专业体系、课程体系以及知识体系。

学科专业是高等教育体系的核心支柱,是人才培养的基础平台。随着相关工程技术的临床转化应用,催生了众多医学学科并促进了新专业的诞生。从学科专业发展来看,医学工程类学科专业在20世纪70年代末开始兴起,是工程科学渗入医学的产物,形成了新的医学和工学结合的知识群落和职业形式。医学与生物学、物理学、材料科学、计算机科学与工程等多学科领域交叉研究,形成了具有医工结合特色的交叉学科。2023年,教育部等五部门印发了《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》^[23],其中提出“布局建设智能医学、互联网医疗、医疗器械等领域紧缺专业”“对现有工科专业全要素改造升级,将相关学科专业发展前沿成果、最新要求融入人才培养方案和教学过程。”这一方案的实施,使得医工结合成为了一种重要的学科专业形式。智能医学工程专业的设立,标志着工程对医学的支撑已经从早期的“医工交叉”和“医工结合”的层次,步入了“医工融合”的新阶段^[10]。

在医工结合的背景下,新的学科专业形式不断涌现。例如,生物医学工程学结合了医学、生物学和工程学的理论和方法;数字医学则以数字诊疗技术为主

要特征。再生医学则是一个新兴学科和前沿交叉领域,它运用工程学等学科的原理和方法,研究和开发替代、修复、重建或再生人体各种组织器官的理论和技術。此外,人工智能医学融合了医学知识与人工智能技术,涵盖了医学影像分析、疾病预测、个性化治疗、药物研发等多个学科领域。

1.3 人才培养视域下的医工结合

医工结合是加速医学科学技术创新和创新型人才培养的重要驱动力^[24]。《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》将“推进理工结合、工工贯通、医工融合、农工交叉”列为“完善拔尖创新人才发现和培养机制”的重要举措^[25]。当前,医工融合主要由新工科和新医科建设推动,而医工结合则是培养现代新工科和新医科人才的重要模式。

就医学教育而言,现代医学教育体系是建立在坚实的自然科学(包括物理、化学和生物学等)基础上的医学人才培养体系。根据《关于加快医学教育创新发展的指导意见》(国办发〔2020〕34号)^[26],需要“强力推进医科与多学科深度交叉融合”,并“健全以职业需求为导向的人才培养体系,设置交叉学科,促进医工、医理、医文学科交叉融合。”医工结合是新医科建设中的核心概念之一,也是新医科建设的热点。这是因为新医科与技术、工程紧密结合的特点所决定的。医学求新的过程与科学、技术、工程的发展密不可分。特别是,“医工结合”已成为新医科建设和医学创新发展的必由之路。

从新工科的发展视角来看,新工科理念正在形成高度共识,强调立足当下、瞄准未来、主动变革,旨在将学科导向转变为产业需求导向,打破专业分割壁垒,实现跨界交叉融合,从被动适应转变为主动支撑引领^[27]。面向人类健康是新工科建设的重要方向,也是新时代国际科技竞争的前沿领域。随着信息技术、人工智能等新技术在卫生健康领域的迅速应用,对工科建设提出了新的要求。医工结合不仅是新医科建设的迫切需求,也是新工科建设的重要方向和应用场景。从人才培养方式来看,它超越了传统的临床模式,推动了医学与教育、研究、产业等领域的紧密结合,形成了一个医、教、研、产相结合的共同体。

2 医工结合的本质是“工”向“医”的渗透与扩张

从医工结合的概念表达来看,医和工应该是两个地位平等的概念。然而,如果深入审视双方的实际地位,就会发现医和工在实际中扮演着不同重要程度的角色。在实践中,临床医学与工程技术的结合,使得医学逐渐展现出工程化的特征。可以说,随着时间的推移,现代医学不断引入科技和工程成果,呈现出“日新月异”的变化,对机器、仪器、信息技术的依赖日益增加。现代化仪器设备的数量和先进程度,已经成为评价医疗水平的重要指标^[28]。然而,工学并没有因结合医学而改变其基本结构。

2.1 工程化是医工结合的本质

医工结合的本质是工业化持续深化的产物,是工业产业为满足医学产业需求而向医学领域渗透的过程与结果。从产业结构角度看,目前医工结合的前沿技术和热点应用领域主要集中在药物研发、医用材料研发、医疗设备研发和智慧医疗等领域。医工结合的产业主导是企业和其他产业组织(如新型研发机构),而非医疗单位和临床工作者。医工结合的发展受到工程科学进步和工程产业水平的影响,而非由医学科学决定。从其发展历程来看,它经历了从工程服务医学、工程辅助医学,到现在工程逐步取代医学的阶段。

对于医与工的关系来说,医是体,工是用;医是道,工是器。对于工来说,医是其应用场景,新的“势力范围”。从临床医学领域看,医工结合体现在新技术在临床创新性治疗中的应用,使得医学与科技的关系更加紧密。其进程与方向依赖于科技的发展。医工结合可能通过隐形的“机器诊疗”形式,让医学变身一台被操控的巨型“诊疗机器”。也就是说,“医”预设了“工”的存在,但“工”并不完全依赖“医”,医只是工的应用与转化基地。例如,人工智能在医疗健康领域帮助医生和病人,在某些领域甚至可能取代医生,如手术机器人、护理机器人等;脑机接口技术的成熟将为进入深度老龄化时代的老年人口带来福音,但同时也带来硅基生命的隐忧。“嵌合抗原

受体T(CAR-T)细胞疗法在血液肿瘤取得了令人瞩目的成绩”^[29],而这些工作都是医疗机构委托产业组织或在产业组织的框架下完成的。

由此可见,在医工结合的各种形态中,医与工所处的地位和所起的作用以及它们之间的相互影响并不平等。医学依赖于工学的成果来改变自己的发展轨迹,但工学的发展并不以医学的进步为前提或条件。医学被工学所改造,而工学在整体上并未受到显著影响。在医学与工学的关系中,医学只能被动地接受工学的成果,并在其成果范围内进行选择。

2.2 医工结合学科专业的本质在于工而非医

学科专业是一组或一类知识的集合,而不仅仅是人为划分的职业领域。医工结合作为高校突破传统学科设置,变革管理模式,助力整体提升的新路径选择之一,是医科、工科的交叉与融合,也是跨学科、多学科领域的合作与交流。

开展医工结合的高校主要是在现有强势学科资源的基础上,追寻和探索新医科、新工科的发展之路。比如,生物医学工程是从工程学的角度出发,研究生物体的结构、功能和生命现象的科学。其研究成果主要体现在与疾病和健康相关的人工材料、人工制品和装置等方面。该专业的培养目标是在企业或医疗机构中从事科研、产品设计、教学及管理等方面的工作。也就是说,生物医学工程所培养的是工程类的人才,而非传统意义上的医生。

再来看最具代表性的新兴智能医学工程,它是以现代医学与生物学理论为基础,结合先进的人工智能及工程技术,致力于挖掘人的生命和疾病现象的本质及其规律,研究人机协同的智能诊疗方法和临床实践。它是医工交叉学科的一个典范^[30]。首批智能医学工程专业于2018年在两所理工为主的综合性大学诞生,而非医学院校。截至2022年,已有64所高校批准设立智能医学工程专业,其中绝大多数高校将其定位为新兴的新工科建设专业,并授予工学学位。即使是中医药领域,其学科专业方向也涵盖了“中医文献数据挖掘、中药智能鉴别、中医辅助诊断、中医药教育等”工科范围^[31]。

从形式上看,情况亦是如此。在本科的专业目录中,那些涉及医工结合的专业通常被授予工学或理学

学位。而在研究生教育学科专业目录中, 仅有生物医学工程可授予工学、理学、医学学位。医工结合的学科专业主要授予工学学位而非医学学位, 这表明这些学科专业与成为医生没有直接联系, 它们的本质更倾向于工学而非医学。可以说, 在这些学科专业中, 工学的成分要远超过医学的成分。

2.3 医工结合培养面向医学应用的工程人才

从人才培养的角度分析, 医工结合促进了传统医生向现代医生的转变, 其显著标志是需要学习和运用更多的工程技能。从理论上说, 医工结合培养的人才应当兼具工匠精神和医者精神。然而, 作为工程人才, 工匠精神的培养显然更加突出。此外, 因地制宜发展新质生产力对教育产生了不可忽视的影响, 这点也在医工结合的人才培养中得到了体现。因此, 医工结合的人才需要具备工匠精神和医者精神的融合, 这对人才培养的价值取向具有深远的影响, 需要认真对待。

新质生产力的加速形成需要新质劳动者的支持, 而具备“工匠精神”的劳动者是其中的关键部分^[32-33]。“工匠精神……在中国文化中体现为: ‘尚巧’的创新精神、‘求精’的工作态度、‘道技合一’的人生理想”^[34]。从这一角度来看, 工匠精神与医者精神并无冲突。然而, 两者的进路却不尽相同。这也导致医工结合的人才属性产生一些模糊之处。

从人才培养的结果来看, 医工结合的人才更倾向于医者学工, 而非工者习医。以传统的医学工程为例, 它采用医学、物理学、化学、生物学、中医学和心理学等学科的科学原理、技术手段和方法, 对人的生理和心理行为、发病过程、健康及影响因素进行有效干预, 从而获取医学新技术、医疗新产品和服务, 旨在实现疾病预防、诊断、治疗和康复的目标^[35]。这是一种带有强烈工程属性的实践活动。

从教育发展的角度来看, 工科大学是最早探索并积极推动医工交叉的, 而非医学院校。无论是理工科大学与医院携手共建, 还是工科领域研究平台向医药领域拓展, 亦或是理工科大学与医药院校的合作, 理工科大学在人才培养方向、培养方案制定、实习实践基地建设等方面都发挥着更为关键和主导的作用。在这样的体系下, 显然更有利于培养工学人才和工匠精神。

3 对医工结合的医学人道主义反思

身心合一的医学人道主义原理是医学领域变革的重要价值基础。医工结合在临床和医学教育中的应用, 其伦理影响是复杂且不断发展的, 需要持续的伦理讨论, 以确保其负责任和符合伦理的使用。医工结合本质上是工程技术在医学中的应用, 可能带来的伦理问题显而易见, 包括技术应用中的风险与收益平衡、数据隐私与安全、临床决策中的公平性、技术的可及性与普及性, 以及患者知情同意与自主性。这些问题需要“在技术进步与人类尊严和安全之间取得平衡”^[36], 这显然是一个涉及医学的人道主义价值基础的问题。

3.1 工程造物与医学救人的价值失谐

在中国传统医学中, “医乃仁术”被视为基本命题, 它体现了医学人道主义, 尊重人的价值。同样, 工学也是以人为中心, 但其直接目标与实现手段与医学有所不同。“我造物故我在”是工程哲学的经典命题, 它代表了工学的本质。

物是工的载体, 人是医的核心, 当医学与工程相结合时, 会出现三个方向: 人与物的交融、人的物化、物的人化。从理想状态来看, 医工结合最终将走向物的人化, 从而释放人性, 服务于人类。工程的结构从手工拓展到电子, 从人工拓展到智能, 从自然物拓展到生命体, 这影响了人类的疾病和健康, 使得疾病能被更准确、迅速地诊断和治疗, 几乎消灭了不治之症。然而, 从对待人的角度来看, 它强化了生物医学模式, 表现为一种保守和倒退的力量。它将大量物的因素引入人体和人的生命, 强化了人的生物性, 却弱化了人的生命性。工程使人类的认识更加精确, 但却导致了对待人的偏差。

从人才培养的角度来看, 医学人才培养中应强调现代科学技术的内容, 以使医学人才能够跟上科技时代的步伐。随着科技的不断发展, 物的教化在医学人才培养中的比重也越来越大。从学科专业发展的角度看, 医工结合的学科专业都是站在科技前沿的“硬专业”。特别是当前高等教育体系中, 压缩人文社会科学学科专业已成为新一轮大学改革的趋势。在这样的

背景下,医学学科也不可避免地变得越来越“硬”,这显然与新的医学模式的预期相悖。人们一直对机器帮助人、机器代替人,甚至机器取代人的担忧存在。那么,人道的医学是否会退化到物道的医学呢?

3.2 造物的工程对救人的医学的多重影响

医学的表象是对疾病的治疗,但其核心是对人的关怀和疗愈。工程哲学的基本命题“我造物故我在”强调了人与自然的一致性,与“人是机器”这一观念相互呼应、相辅相成。尽管这一理念与医学的初衷在某些方面存在契合,但医工结合不应重蹈“人是机器”的误区。因此,医工结合对医学可能产生以下影响:医学的走向是倾向于公益化还是产业化?未来医生是否可以脱离工程进行诊疗?随着人工智能机器逐渐取代人脑,医学教育是否还有其存在的意义?

在医工结合的过程中,常常会遭遇到目的与手段的张力。从医与工的角度来看,医是目的,而工则是实现这一目的的手段;但从医的角度来看,人始终是目的,而物则是服务于人的手段。理论上,物质和工程应服务于人,服务于医。然而,在实际医工结合的情况下,人的目的往往被物质的利益所左右。医疗水平和效益之间存在着复杂的关联,医疗机构往往更注重设备和科技的竞争,而非以德治医。当医生离开了各种检验设备、影像设备以及手术机械,他们似乎就失去了诊断疾病和治疗病人的能力。显然,医工结合迎合了这种需求与趋势,并大大加速了其发展。

医工结合的确有助于解决当前医学实践中的效率和资源利用等问题,但绝非万能药。对于这一问题,不能简单地回答“是”或“否”,而应进行理性的审视。既要审慎乐观地看待医工结合的创新,又要理性地警惕可能存在的风险和不确定性。应该以开放和负责任的态度,寻找人与机器和谐共生的解决方案。从产业角度看,医工结合有力地提升了医学的自主创新能力、成果转化及人才培养质量。然而,新技术进入医学领域时可能会遇到不可预测的风险,并且这些风险可能会逐渐凸显。生命科学和医学相关的技术应用通常被视为创新实践,可以确保更好的医学实践、决策和人类可持续未来。然而,某些技术的采用可能会带来潜在的不良后果,如权力滥用——利用力量进行昂贵的经济

掠夺和精神收购,迫使医务人员和患者做出特定选择,以及利用大数据分析使医务人员和患者处于不稳定和脆弱的状态。这些显然容易违背医学的人道精神与传统。

3.3 构建符合医学人道主义精神的医工结合体系

对医工结合技术的广泛应用的担忧是现实存在的。以数字健康技术为例,医疗提供者可能会担心被数字健康技术取代、职责的改变以及无法适应新的工作职责和环境。患者也可能担心护理质量下降和与护理提供者沟通的减少^[37]。然而,数字健康技术的进步似乎是无法避免的。因此,医工结合的关注点也相应地由“物道”转向了“人道”。

首先,我们探讨的是以人为中心的医工产业。医学,作为关乎生命的科学,同样具备生命的特质,它直接关系到人类的健康、幸福以及全面发展。医学并非单纯的“造物”之学,其价值的体现和衡量标准不能简单地以直接经济价值为准。尽管基因技术、物联网、人工智能和各种智慧技术可能为医学的复杂关联提供了多种可能性,但它们也可能引发工程导向性的各种“裂缝”。目前,医疗行业中普遍提倡“以患者为中心”的理念,然而,多数只是停留在较浅层次的形式上。深入探究,我们发现其背后的目的并不相同。从产业的角度来看,以患者为中心是为了追求经济利益,即“用户至上”的原则。而对于医生而言,以患者为中心是职业的基本要求,是行医的规范。因此,当医与工相结合时,医学便不再是纯粹的医学,在患者中心的问题上也可能不再保持其“纯洁性”。

再者,关于医-工-文交叉的学科专业建设,需明确一点:医学并非单纯的自然科学,也并非传统意义上的工程。医学是一门将人类自然和社会资源转化为人人健康、幸福生活的科学、艺术、政治学和社会学。医学工程学科的发展离不开医学与工程学科的互补。医学为工程提供了应用场景和创新动力,而工程则为医学提供了技术手段和实现路径。因此,医工结合的学科专业,必须辅以医学人文教育,包括医学人文课程、以医学人文为核心内容的课程思政与专业思政。在医-工-文结合中,应强调医学人文对医学发展的引领价值,提倡在医学教育中加强人文精神的培养,以促进医学的健康发展。

第三,是以“五术”为核心的医工人才。在人才培养方面,医工结合需要既懂医学又懂工程的复合型人才。这种人才的培养,需要医学教育和工学教育的深度融合。临床医生,直接面对患者,最了解临床需求和患者的实际问题。他们能够提出创新的医疗技术和设备的想法,这些想法是医工结合创新的起点。工程师,拥有技术手段和创新能力,能够将医生的想法转化为实际的医疗产品。他们通过设计、制造和改进医疗设备,帮助医生提高诊疗效率和质量。医工结合强调的是医学与工程学的深度融合,需要大量复合型医学人才支撑。在这一过程中,医生思维和工程师思维需要紧密合作,不可须臾背离医学人才培养的宗旨,共同推动医学创新。

4 结论

在科技迅猛发展的时代背景下,医工结合已成为推动医学进步的核心动力,显著提升了现代医学“治病救人”的能力,为增进人类健康福祉开辟了广阔前景。本文旨在超越对医工结合技术成就与实践路径的常规性阐述,从医学人道主义的基础价值层面进行深刻反思与系统审视。随着“新医科”“新工科”建设的深入推进,以及人工智能、大数据等前沿技术在医疗领域的深度应用,医工结合已不仅是技术创新的表征,更演变为重塑医疗产业格局、学科专业体系和人才培养范式的战略性举措。在此进程中,厘清其内在本质、辨析其衍生的伦理挑战并探寻其可持续发展路径,具有重大的理论与现实意义。这不仅关乎未来医学教育的走向与医疗服务的质量提升,更触及到医学事业的根本宗旨——即如何确保科技发展始终服务于人的终极福祉,而非导致人的异化。

研究发现,尽管“结合”一词暗示着平等协作,但医工结合的实质是工程学及其产业逻辑向医学领域的持续渗透与扩张。无论是医疗设备的智能化升级,

还是生物医学工程、智能医学工程等新兴交叉学科的兴起,均呈现出医学日益“工程化”的趋势,而工程学本身并未因之发生结构性变革。此类新兴学科,无论其具体命名如何,其知识构成、培养目标及学位授予标准均凸显出强烈的工科属性,本质上属于“以医学为应用场景的工程学科”。相应地,在人才培养维度,当前主流模式聚焦于使具备医学背景的人才掌握工程技术,其成果为兼具工程素养的复合型医学人才。上述现象共同揭示了一个核心矛盾:工程“造物”的价值取向与医学“救人”的人文关怀之间存在潜在的张力。此种张力具体体现为对仪器设备的过度依赖、技术应用中隐私与公平性的风险、医学公益属性与产业化追求的冲突,以及关于“机器取代人”的深层社会忧虑。

因此,必须认识到,技术的进步不能替代对其价值基础的审慎考量。若任由“我造物故我在”的工程哲学主导医疗实践,可能导致医学偏离其“医乃仁术”的根本宗旨,退化成为一种去人性化的“物道”操作。构建一个和谐、可持续的医工结合体系,亟需确立以医学人道主义为核心的价值引领。这要求倡导真正意义上的“以人中心”,即将对患者生命与尊严的尊重置于首位,而非将其简化为市场逻辑下的“用户至上”。在学科建设层面,应推行“医-工-文”三重交叉融合,将医学人文教育作为不可或缺的支撑,防止医学教育在追求“硬科技”的过程中丧失人文温度。在人才培养方面,应致力于塑造兼具“仁术、学术、技术、艺术、道术”的复合型人才,实现工匠精神与医者精神的有机统一。未来的医工结合,需要完成从“技术驱动”向“价值引领”的范式转变,使科技创新真正成为践行医学人道主义的现代载体。唯有如此,方能为社会提供更优质、更人性化、更具人文关怀的医疗服务,确保科技进步的成果最终惠及全人类。

参考文献

- [1] 何炳蔚, 张月, 邓震, 等. 医疗机器人与医工融合技术研究进展[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2021, 49(5): 681-690.
He B W, Zhang Y, Deng Z, et al. Research progress of medical robot and medical engineering integration technology[J]. Journal of Fuzhou

- University (Natural Science Edition), 2021, 49(5): 681-690.
- [2] 李辉, 尤富生, 黄比今, 等. 医院医疗设备全程质量控制管理系统的设计与开发[J]. 医疗卫生装备, 2012, 33(2): 51-53, 72.
Li H, You F S, Huang B J, et al. Design and development of whole journey quality control management system of medical equipment in hospital[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2012, 33(2): 51-53, 72.
 - [3] 孙忠人, 田洪昭, 尹洪娜, 等. 基于"医工结合"探讨针灸发展演变[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(3): 1117-1119.
Sun Z R, Tian H Z, Yin H N, et al. Discussion on the development and evolution of acupuncture based on "combination of medicine and work"[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2019, 34(3): 1117-1119.
 - [4] 郭高, 何镇安, 王晓东, 等. 概念验证体系促进医疗器械成果转化的实践探索[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2025(2): 81-86.
Guo G, He Z A, Wang X D, et al. Research on the practice of promoting the commercialization of medical device achievements through proof-of-concept system[J]. China-Arab States Science and Technology Forum, 2025(2): 81-86.
 - [5] 朱松盛, 段磊, 王伟, 等. "医工融合"培养创新型医学工程人才[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(12): 212-214.
Zhu S S, Duan L, Wang W, et al. Train "medical and engineering fused" creative talents, develop the biomedical engineering experimental teaching demonstration center[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2016, 35(12): 212-214.
 - [6] 谷士贤, 何培欣, 乔杰. 新时代医工交叉人才培养的思考与展望[J]. 科教发展研究, 2022, 2(3): 19-35.
Gu S X, He P X, Qiao J. Reflections and outlooks on the cultivation of medicine-engineering interdisciplinary talents in the new era[J]. Journal of Science, Technology and Education Studies, 2022, 2(3): 19-35.
 - [7] 李严兵, 孙秋敏, 王爱平, 等. 医工交叉培养体系的构建与创新型研究生教育[J]. 教育现代化, 2015, 2(15): 35-38.
Li Y B, Sun Q M, Wang A P, et al. Construction of cross-training system for medical workers and innovative postgraduate education[J]. Education Modernization, 2015, 2(15): 35-38.
 - [8] 贺玮, 郑裕东, 何志巍. 医工交叉领域专业学位研究生"产-教-医三位一体"培养模式初探[J]. 北京科技大学学报(社会科学版), 2025, 41(3): 30-36.
He W, Zheng Y D, He Z W. A preliminary study on the training mode of "Industry-Education Medicine Trinity" for graduate students with a professional degree in the cross-field of medical engineering[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing (Social Sciences Edition), 2025, 41(3): 30-36.
 - [9] 敖虎山. 加快培养医工结合战略医学科学家[J]. 中国卫生, 2025(3): 25.
Ao H S. Speeding up the training of strategic medical scientists combining medical work with medical work[J]. China Health, 2025(3): 25.
 - [10] 孙安强, 康红艳, 蒲放, 等. 医工交叉类专业课程建设的探索与实践[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2022, 35(1): 163-167.
Sun A Q, Kang H Y, Pu F, et al. Exploration and practice of medical-engineering courses construction[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics (Social Sciences Edition), 2022, 35(1): 163-167.
 - [11] 朱超挺, 徐步光, 张中一, 等. 产教融合共建医工类虚拟仿真"金课"的研究[J]. 科技风, 2024(30): 69-71.
Zhu C T, Xu B G, Zhang Z Y, et al. Research on the virtual simulation "golden course" of medical industry jointly built by the integration of industry and education[J]. Technology Wind, 2024(30): 69-71.
 - [12] 何峰, 万亮, 明东. 智能医学工程: 新医科的探索与实践[J]. 中国高等教育, 2021(S1): 15-17.
He F, Wan L, Ming D. Intelligent medical engineering: Exploration and practice of new medicine[J]. China Higher Education, 2021(S1): 15-17.
 - [13] 何文. 中国超声医学人工智能行为准则: 北京宣言[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(1): 1.
He W. Beijing declaration of Chinese ultrasound artificial intelligence code of conduct[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2019, 35(1): 1.
 - [14] 包文婕, 刘金龙, 李浩, 等. 医工交叉型工程技术研究中心运营管理探讨[J]. 中国卫生质量管理, 2023, 30(3): 72-75.
Bao W J, Liu J L, Li H, et al. Exploration on the operation management of medicine-engineering interdisciplinary technology research center[J]. Chinese Health Quality Management, 2023, 30(3): 72-75.
 - [15] 白丽丽, 张红星, 潘小丽. 智能针灸设备的发展现状和产业趋势分析[J]. 时珍国医国药, 2024(9): 2239-2243.
Bai L L, Zhang H X, Pan X L. Development status and industry trend analysis of intelligent acupuncture equipment[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2024(9): 2239-2243.
 - [16] 刘海琴, 罗靖, 杨敏娟, 等. 健康大数据背景下患者隐私暴露的伦理思考[J]. 中国医学伦理学, 2019, 32(10): 1283-1287.
Liu H Q, Luo J, Yang M J, et al. Ethical thoughts on patient privacy exposure under the background of health big data[J]. Chinese Medical

- Ethics, 2019, 32(10): 1283-1287.
- [17] 杜治政. 关于医学中的人道主义[J]. 医学与哲学, 1984, 5(5): 28-32.
Du Z Z. On humanitarianism in medicine[J]. Medicine & Philosophy, 1984, 5(5): 28-32.
- [18] 李振良, 孟建伟. 技术与美德之间: 西方医学人道主义思想渊源[J]. 医学与哲学(A), 2013, 34(10): 1-4, 18.
Li Z L, Meng J W. Between technology and virtue: The evolution of western medical humanism[J]. Medicine & Philosophy, 2013, 34(10): 1-4, 18.
- [19] 赵伟鹏. 吴阶平院长就“医工结合”问题答新华社记者问[J]. 上海生物医学工程通讯, 1985, 6(1): 14.
Zhao W P. Dean Wu Jieping answered Xinhua News Agency reporter's question on "combination of medical care and work"[J]. Progress in Biomedical Engineering, 1985, 6(1): 14.
- [20] Ma X H, Tian Y X, Yang R, et al. Nanotechnology in healthcare, and its safety and environmental risks[J]. Journal of Nanobiotechnology, 2024, 22(1): 715.
- [21] Jin K, Li Y Y, Wu H K, et al. Integration of smartphone technology and artificial intelligence for advanced ophthalmic care: A systematic review[J]. Advances in Ophthalmology Practice and Research, 2024, 4(3): 120-127.
- [22] 王璐, 马峥, 许晓阳, 等. 中国医工结合发展现状与对策研究报告(2019年版)[J]. 实用临床医药杂志, 2019, 23(5): 1-6.
Wang L, Ma Z, Xu X Y, et al. Research report on the status of interdisciplinary combination between medicine and engineering in China and its countermeasures(2019)[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2019, 23(5): 1-6.
- [23] 中华人民共和国教育部. 教育部等五部门关于印发《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》的通知[EB/OL]. (2023-03-02)[2025-02-18]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202304/t20230404_1054230.html.
Ministry of Education of the People's Republic of China. The Ministry of Education and other five departments issued the "Reform Plan for the Adjustment and Optimization of the Setting of Disciplines and Majors in General Higher Education"[EB/OL]. (2023-03-02)[2025-02-18]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202304/t20230404_1054230.html.
- [24] 张小俊, 黄谦. 地方综合院校医工结合实践路径的思考与探索[J]. 高教学刊, 2024, 10(29): 46-49, 54.
Zhang X J, Huang Q. Thinking and exploration on the practical path of combining medical and work in local comprehensive colleges[J]. Journal of Higher Education, 2024, 10(29): 46-49, 54.
- [25] 中共中央 国务院印发《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》[EB/OL]. (2025-01-19)[2025-02-18]. https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html.
The CPC Central Committee and the State Council have issued the "Outline Plan for Building a Strong Educational Nation"(2024—2035)[EB/OL]. (2025-01-19)[2025-02-18]. https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html.
- [26] 国务院办公厅. 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]. (2020-09-23)[2025-02-18]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373.htm.
General Office of the State Council. The General Office of the State Council on accelerating medical education Guidance on innovation and development[EB/OL]. (2020-09-23)[2025-02-18]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373.htm.
- [27] 吴岩. 新工科: 高等工程教育的未来: 对高等教育未来的战略思考[J]. 高等工程教育研究, 2018(6): 1-3.
Wu Y. Emerging engineering: The future of higher education of engineering[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018(6): 1-3.
- [28] 李振良. 医学工程化的人文困惑及其消解[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2010, 2(3): 243-250.
Li Z L. The humanistic puzzlement and its solution in the engineering-based medicine[J]. Journal of Engineering Studies, 2010, 2(3): 243-250.
- [29] 李春晖, 李春蕊. CAR-T细胞治疗在自身免疫性疾病中的应用[J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29(5): 363-369, 385.
Li C H, Li C R. Application of CAR-T cell therapy in autoimmune diseases[J]. Journal of Critical Care in Internal Medicine, 2023, 29(5): 363-369, 385.
- [30] 鲍娟, 刘向阳, 魏明俊. 智能医学工程专业人才培养的探索[J]. 科技风, 2021(22): 175-176.
Bao J, Liu X Y, Wei M J. Exploration on the cultivation of intelligent medical engineering professionals[J]. Technology Wind, 2021(22): 175-176.
- [31] 魏德健, 张梦秋, 刘静, 等. 中医药院校智能医学工程专业建设路径探索[J]. 中国医药导报, 2023, 20(7): 73-76.
Wei D J, Zhang M Q, Liu J, et al. Exploration on the construction path of intelligent medical engineering specialty in traditional Chinese medicine colleges and universities[J]. China Medical Herald, 2023, 20(7): 73-76.

- [32] 程海东, 陈凡. 新质劳动者"工匠精神"培育路径研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2025, 17(5): 624-636.
Cheng H D, Chen F. On the cultivation path of "craftsman spirit" of new quality workers[J]. Journal of Engineering Studies, 2025, 17(5): 624-636.
- [33] 李婵. 新时代工匠精神赋能新质生产力的耦合逻辑与实践路径[J]. 标准科学, 2025(1): 10-14.
Li C. Coupling logic and practical path of empowering New Quality Productive Forces with the spirit of craftsmanship in the New Era[J]. Standard Science, 2025(1): 10-14.
- [34] 肖群忠, 刘永春. 工匠精神及其当代价值[J]. 湖南社会科学, 2015(6): 6-10.
Xiao Q Z, Liu Y C. Craftsman spirit and its contemporary value[J]. Social Sciences in Hunan, 2015(6): 6-10.
- [35] 张新庆. 医学工程哲学: 一个新兴的研究视域[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2020, 12(3): 216-224.
Zhang X Q. Philosophy of medical engineering: An emerging research area[J]. Journal of Engineering Studies, 2020, 12(3): 216-224.
- [36] Pressman S M, Borna S, Gomez-Cabello C A, et al. AI and ethics: A systematic review of the ethical considerations of large language model use in surgery research[J]. Healthcare, 2024, 12(8): 825.
- [37] Yeung A W K, Torkamani A, Butte A J, et al. The promise of digital healthcare technologies[J]. Frontiers in Public Health, 2023, 11: 1196596.

Humanistic Reflections on Medical-Engineering Integration

LI Zhenliang^{1*}, HUANG Xiaomeng², LI Yuan¹

1. Institute of Higher Education Research, Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China;

2. Ethics Committee, The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China

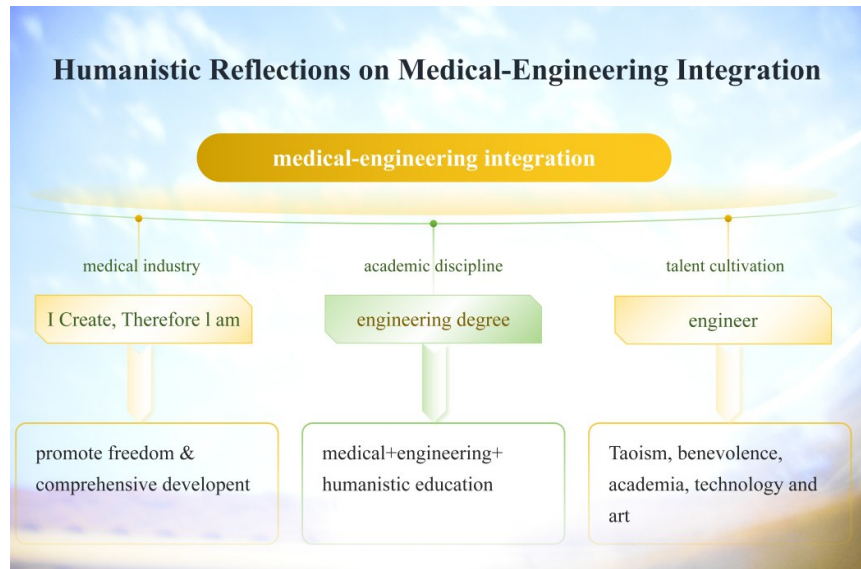
Highlights

Multi angle analysis of the concept of medical engineering integration.

The essence of medical engineering integration is the infiltration and expansion of "work" into "medicine".

Reflection on medical humanitarianism of medical engineering integration.

Graphical Abstract



Abstract: The integration of medicine and engineering has driven rapid advancements in medical devices, bio materials, and information technology, enhancing the "humanitarian" capacity to treat and save lives. However, there are aspects to reflect upon regarding the "respect for human values".

The integration of medicine and engineering is a multidimensional concept. It represents a notion within the medical industry,

a model for cultivating medical professionals, and a discipline-specific framework. From the perspective of the medical industry, this integration is an inevitable requirement for the advancement of medicine at the engineering level. The first generation of classical integration was characterized by the manufacturing and use of manual tools; the second generation marked the engineering-oriented medicine; and modern integration manifests as the AI-powered medicine. Its industrial and economic attributes, along with industrial thinking, cannot be overlooked. From a disciplinary standpoint, it is a product of engineering science permeating medicine, forming new clusters of knowledge and professional forms in medicine and engineering. Emerging disciplines such as digital medicine, regenerative medicine, and intelligent medicine continue to proliferate. Simultaneously, the integration of medicine and engineering serves as a crucial driver for accelerating medical scientific and technological innovation and the cultivation of innovative talent. It is a vital model for training professionals in modern new engineering and medical fields, transcending traditional clinical paradigms to expand medicine into a community integrating education, research, production, and practice.

The essence of the integration of medicine and engineering is the infiltration and expansion of "engineering" into "medicine". The roles of medicine and engineering differ in importance. The engineering aspects of medicine have become increasingly evident, yet engineering itself has not changed accordingly. From an industrial perspective, the integration of medicine and engineering is a process and outcome of industrial sectors adapting to the needs of the medical industry and penetrating into medical endeavors. Industries are constrained by the development of engineering science and the level of engineering industries, rather than being dictated by medical science. Medicine can only passively accept the achievements of engineering and make choices within the scope of these achievements. The disciplinary nature of the integration of medicine and engineering is engineering-oriented, not medical, and leads to the awarding of engineering degrees. From the perspective of talent cultivation, integrated medicine and engineering professionals are medical practitioners who study engineering rather than engineering practitioners who study medicine. Traditional physicians need to learn and apply more engineering skills, and the cultivation of craftsmanship is particularly prominent. This is an educational practice with strong engineering attributes.

Medical humanitarianism provides a critical perspective on the integration of medicine and engineering. The essence of medical engineering integration is the application of industrial technology in medicine, and the ethical issues that may arise are obvious. The classic proposition of engineering philosophy is "I create, therefore I am", representing the essence of engineering. It reinforces the biomedical model, manifested as a conservative and regressive force. The education of objects is becoming increasingly important in the cultivation of medical talents. The medical discipline is inevitably becoming increasingly rigid, from machines helping humans to machines replacing humans, and then to machines replacing humans. The concern about the widespread application of medical engineering integration technology is a reality. The medical industry should be centered around people and aim to promote their freedom and comprehensive development. It is not simply a study of "creation", and cannot simply reflect and measure its value based on direct economic value. The interdisciplinary fields of medicine, engineering, and humanities must be supplemented by medical humanities education, emphasizing the leading value of medical humanities in the development of medicine. The cultivation of medical and engineering talents should include education in Taoism, benevolence, academia, technology, and art. The thinking of doctors and engineers needs to work closely together and cannot deviate from the purpose of medical talent cultivation, jointly promoting medical innovation.

Keywords: medical-engineering integration; medical humanitarianism; new medicine; new engineering