

计算针灸学前沿进展

郭义^{1,2,3}, 王江⁴, 刘保延⁵, 陈波^{1,2,3}, 郭扬^{2,6}, 徐媛^{1,2,3}

1. 天津中医药大学实验针灸学研究中心, 天津 301617
2. 国家中医针灸临床医学研究中心, 天津 300193
3. 天津市现代中医理论创新转化重点实验室, 天津 301617
4. 天津大学电气自动化与信息工程学院, 天津 300072
5. 中国中医科学院, 北京 100700
6. 天津中医药大学第一附属医院, 天津 300193

摘要 信息技术的迅猛发展,为针灸研究积累了海量数据,但这些数据背后蕴含哪些特征与规律,尚缺乏系统深入的挖掘研究,一定程度上制约了针灸学科的发展。针对以上问题,提出了“计算针灸学”的概念,综述了计算针灸学创立的意义、计算针灸学的特点、当前面临的挑战与建议,科学阐释了计算针灸学的内涵及未来发展趋势。计算针灸学将传统针灸学与计算科学交叉融合,以针灸学科问题为研究对象、以数据为驱动、以计算为手段,揭示针灸的作用规律与机制,以期指导临床实践,提高临床疗效,为针灸学科高质量创新发展提供参考依据。

关键词 针灸学;大数据;计算科学;信息科学;计算针灸学

2022年12月2日,《中共中央 国务院关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》发布。数据科学已成为国家重要的基础性战略资源,数据作为新型生产要素,是数字化、网络化、智能化的基础,已快速融入生产、分配、流通、消费和社会服务管理等各环节,深刻改变着生产方式、生活方式和社会治理方式。

生命活动的本质是物质流、能量流和信息流的有序运动。信息流起着调节控制物质与能量代谢的作用。著名物理学家薛定谔在讨论“生命是什

么”时指出:“生命的基本问题是信息问题”。现代科学技术的迅猛发展,为生命科学从物质流、能量流和信息流等维度储备了大量的数据。但是这些数据背后蕴含哪些特征与规律,还缺乏系统深入的挖掘研究,严重制约了学科的发展。当前这些数据体量大、维度多、结构复杂,已经无法用传统数据库工具来处理,只有运用新系统、新工具、新模型的挖掘,才能够获得具有洞察力和新价值的结果。因此计算科学(也称科学计算,scientific computation或SC)应运而生,是使用先进的计算能力来理解和解

收稿日期:2023-02-03;修回日期:2023-03-28

基金项目:国家自然科学基金重点项目(82030125);国家自然科学基金面上项目(62071324)

作者简介:郭义,教授,研究方向为实验针灸学与计算针灸学,电子信箱:guoyi_168@163.com

引用格式:郭义,王江,刘保延,等. 计算针灸学前沿进展[J]. 科技导报, 2023, 41(14): 51-55; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.14.006

决复杂问题的一门新学科。

中医理论认为,针灸的基本作用在于疏通经络、调和阴阳、扶正祛邪。其实本质是通过针灸干预产生的生物信息调整机体的各种功能,信息调控是针灸疗效的基本特征^[1]。针灸治病既不是药物治疗法也不是手术疗法,而是一种特殊的信息疗法,传统针灸认为针灸信息通过经络进行传导。针刺是一种体表物理疗法,是医者和患者通过“针灸”进行的信息交流,针灸有理论、有手法、有技术,理、法、穴、术等决定了针灸是一个复杂性干预过程,针灸是整体调节,涉及多系统、多水平、多靶点的网络调节^[2],随着现代科学技术的进步,记录手段越来越多,针灸也获取了海量的数据,如何将 these 数据进行分析挖掘和融合,从中寻找到一个或者多个特征来描述针灸的作用效果,探索针灸作用的规律就显得非常必要。

基于计算科学大科学背景,结合针灸作用的特点,笔者提出了“计算针灸学”的概念^[3-4],旨在推动从几千年的临床实践发展起来的针灸医学走上一条传统临床实践、现代科学实验、科学计算数据驱动相结合的新阶段,推动针灸学发展进入新阶段。

1 计算针灸学创立的重要意义

1.1 助力针灸学科高质量发展

传统针灸学经过几千年的发展,是通过长期实践经验积累,以中医理论为指导,通过归纳、推演等方法,研究经络、腧穴以及刺灸方法,探索针灸防治疾病规律的一门学科^[5]。20世纪,现代科学技术迅猛发展,应用实验方法与技术对经络现象、针灸作用原理进行了探索,实验针灸学在历史潮流驱动下应势而生。1983年,天津中医学院(现天津中医药大学)创建了实验针灸学新学科,获得了迄今为止中医界最高的教学成果奖——国家教学成果特等奖,推动了针灸学的发展。

21世纪是信息科学时代,信息技术的发展为各学科储备了大量的数据。基于数据驱动的计算生物学、计算药理学、计算神经精神病学、计算社会学等学科的创建和发展方兴未艾。针灸的文献研

究建立了许多古今文献数据库,互联网技术的发展为真实世界针灸临床研究积累了原始病历数据库,基因组、蛋白组、代谢组等技术在针灸研究中的应用,也积累了大量的实验研究数据。基于数据驱动的计算科学与针灸医学紧密结合,创建计算针灸学,有利于解决目前针灸研究所面临的困境,创新研究思路和方法,提高针灸研究水平,推动针灸学学科高质量发展。

1.2 符合学科特点的研究范式

人体是一个复杂巨系统,各个细胞、组织、器官以至各个生理系统之间相互关联。经络是一个及其复杂又精准的网络调节系统。针灸的基本属性是体表物理刺激,有别于药物治疗法点对点的靶向作用,是通过穴位刺激,多水平、多途径、多维度发挥作用,网络调节是针刺作用的基本模式^[6]。针灸具有复杂干预的特点,复杂干预产生复杂效应,从而产生的大数据需要深入挖掘和提炼,从复杂系统的角度研究针刺的治疗规律和机理,这也是中医整体观念的精髓。因此,针刺效应的生物学基础需要从宏观、整体、系统和动态的角度来认识。

计算针灸学基于大数据,通过知识发现建立假设和构建数学模型,进行计算机仿真并进行检验,与临床和实验观察结果进行比较分析,一方面预测和指导进一步的临床和体内体外实验研究,另一方面从新的实验数据中重新进行知识发现、修正假设、完善数学模型,最终阐明针灸理论和针灸干预生命活动的现象、规律和机制。计算针灸学可整合多源数据,进而获得针灸的可理解的规律性认识,可反映针灸作用蕴含的普遍生物学基础,从而避免个体差异性。可将实验现象高度抽象化,源自实验但又高于实验,有助于探索符合针灸学科特点的研究范式。

1.3 有利于传统针灸学、实验针灸学的发展,三者相辅相成、互为补充

以实践和观察发展起来的传统针灸学,建立了针灸基本理论和技术体系,是实验针灸学和计算针灸学的基础和发展源泉。以现代科学技术和实验方法发展起来的实验针灸学,在传统针灸学指导下,解析传统针灸学“为何”治病。计算针灸学以传

统针灸学为基础,以计算科学的方法,以数据驱动,挖掘发现针灸作用的基本原理与规律,指导临床实践,从而回答针灸“为何”治病、“如何更好”治病等问题。

实验针灸学利用现代科学技术和实验方法对传统针灸学的理论、作用规律与原理等内容进行实证研究,获取的实验数据可为计算针灸学提供信息来源。计算针灸学是将海量的针灸古籍信息、过往针灸研究数据以及最新实验所获得的信息作为数据源,以针灸学问题构建数学模型,通过计算的方法分析针灸的作用规律与原理,预测针灸最佳适应症及最优干预方案。计算针灸学提出实验及可验证的假说,用以指导实验。计算针灸学侧重于计算,通过模型构建和计算仿真,研究针灸基本理论、针灸作用原理、针灸作用规律等内容。计算针灸学与实验针灸学两者相辅相成,互为补充,计算针灸学需要实验提供数据与验证,实验针灸学需要计算提供分析与挖掘,计算针灸学重在回答发生或可能发生什么,而实验针灸学重在回答为什么发生。

2 计算针灸学的特点

2.1 计算针灸学获取、挖掘全面数据而不是随机采样

常规的概率抽样调查方法能够较好地保证抽样的随机性,但对包含稀有单元的总体进行抽样时,却因抽样随机性而不能有效保证稀有单元的入样数量,进而影响后续的统计推断^[7]。大数据时代积累了海量数据,足够全面的数据可以不进行随机采样,通过分析数据、算力、算法,把握数据思维、计算思维、算法思维,可做到客观分析并预见未来发展^[8]。

随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)被认为是评价临床疗效的金标准,是高级别证据,而对证据质量进行充分评价是很困难的,评价证据需要保持谨慎的态度、接受培训和不断实践,不能盲目地将证据分为高质量或低质量^[9]。因为真实的临床环境难以找到两组完全一致的样本,且保证仅干预方式不同。国外很多针灸随机对照

试验出现阴性结果,难以真实反映针灸的真实疗效,可能与未能充分认识针灸作用特点,没有全面采集与针灸疗效相关的所有数据有关^[10]。由此,刘保延团队^[11]提出针灸真实世界的临床研究,目的就是为了获取全面的针灸数据。

2.2 计算针灸学解决的不是简单的线性关系,而是复杂的网络联系

世界卫生组织(World Health Organization, WHO)推荐针灸可治疗107种疾病,国内一项研究发现针灸适宜病种高达500多种,针刺作用有别于西药“点-点”“点-系统”的作用模式,整体调节是中医针灸的特色与优势,是针刺临床应用范围广泛且疗效显著的重要原因^[10]。但过往实验研究仍主要遵循“点-点”或“点-系统”的研究模式,即通过调控某一物质,观察其对某一指标或多个指标的影响,而未考虑针刺整体调节的特点。针刺效果的发挥不是单因素作用的结果,而是多因素、多水平、多系统共同作用的复杂过程^[11]。

现代研究认为,生物体是开放的复杂巨系统,系统生物医学告诫我们要从简单性思维的分子生物学转变到复杂性思维,生命复杂系统的运行是基于非线性与动力学的控制^[12]。美国刺激外周神经活动以减轻疾病状况(SPARC)计划与中国传统针灸疗法有相似之处,通过电刺激局部神经调动人体神经信号传导网络以实现疾病的调控^[13]。目前,针灸基础研究多关注“干预-效应”两点之间的线性关系,忽略针灸作为复杂干预产生的整体网络调节效应。中医学认为,针灸治疗疾病是激发了经络整体网络调节而实现的。从穴位刺激到机体效应,两者并不是直接线性联系,而是由体内复杂网络调节系统介导的。中医针灸的优势在于整体网络调节,具有多水平、多环节、多靶点的特点。而这些复杂的网络关系,需要计算针灸学利用现代科学计算方法来解决。

2.3 计算针灸学将更加注重相关关系,预测是核心内容之一

针灸通过体表物理刺激产生治疗疾病的效果,其作用途径和规律是复杂的,不是简单的因果关系能够解释的。实验研究都是建立在假设的基础上

开始验证的,这个假设要么被证实要么被推翻。但实验过程与环境会被很多因素所影响,针刺起效的其他途径也很难被控制或排除,因此针灸的机制研究很难得出一个明确因果关系的结论。在大数据时代,一些新的分析计算工具和思路为研究者提供了一系列新的视野,通过应用相关方法可以比以前更容易、更快捷、更清楚地分析针灸作用规律。

另一方面,利用数学模型从已知的针灸作用规律入手,对针灸治疗疾病的靶点效果进行预测,从而提高针灸治疗作用效率,减少人力、物力、财力的浪费。因此,构建针灸作用数学模型,预测针灸作用效果,是计算针灸学研究的重要组成部分^[14]。

齐婧雷等^[15]基于针刺效应有效靶标“阿片肽”,预测发现针刺有可能治疗 15381 种疾病。通过人类疾病数据库,利用网络生物学的方法,预测针刺可能的潜在治疗病症。结果发现,剔除已发现的治疗病症外,针灸仍对 100 多种疾病具有潜在治疗作用,其中免疫系统疾病、肿瘤可能是针灸未来重要的潜在治疗病症^[16]。

3 计算针灸学面临的挑战

计算针灸学创立以来,已经取得了一些进展,在针灸研究中发挥越来越重要的作用,天津市针灸学会也成立了计算针灸学专业委员会,天津中医药大学也为研究生开设了计算针灸学课程,但现阶段计算针灸学也面临着诸多挑战。

3.1 数据采集与治理

虽然针灸已经能获得一些数据,但总的来说,在采集方法、采集技术、采集标准等方面还存在着诸多问题,数据治理生态还不完善,因此,提高针灸数据质量是计算针灸学面临的首要问题。

3.2 多源异构数据的融合

当下提取的不同数据,包括针灸干预后获得神经、内分泌、免疫等不同系统的数据,微观、介观、宏观等不同层面的数据,不同监测方法、检测技术获取的不同维度的数据,数据类型与结构差异巨大,不同数据之间如何融合,数据融合后如何提取数据的潜在因子以获得信息,是计算针灸学今后首先要解决的重点技术问题。

3.3 多尺度、多空间模型的构建

建模是实现数据融合的重要途径,然而从系统的角度出发,缺乏不同维度、不同空间尺度、不同时间尺度模型的集成与融合,这将导致虚拟实体模型不能真实客观地描述和刻画物理实体。

3.4 针灸人机交互与临床应用

在实现数据融合与多尺度模型构建后,如何建立虚拟现实呈现,实现算法预测、更新,为医师提供诊疗诊断方案以及决策依据,赋能智能针灸,目前仍有较大的距离。

3.5 多学科交叉团队与复合型人才

计算针灸学需要针灸学、信息科学、计算科学、生物学、神经科学、临床方法学、工程控制学等多学科背景的人员参与,但国内外目前尚未形成专业完备、结构合理的交叉团队,更缺乏相关的复合型人才,计算针灸学的发展缺乏人才储备。

4 结论

计算针灸学是以数据驱动对针灸学在多个水平上的联结,帮助我们从整体和细节综理解针灸。现阶段计算针灸学学科体系尚不完善,仍处在起步阶段,尚缺乏复合型人才。人才是第一资源,是驱动计算针灸学发展的基石。目前在初期发展阶段,建议针灸学与计算科学、信息科学开展交叉合作,在项目研究中培养高层次交叉学科人才;高校、科研院所开设计算针灸学课程或专题报告,通过通识教育,为培养复合型人才储备基础人才。

计算针灸学的发展需要研究者对针灸从数据角度深入理解,并且需要现代技术手段作为支撑。计算针灸学不是简单的生物还原论、不是简单的人工分类,是深入揭示针灸作用机制和建立针灸疗效评价体系的关键性步骤。计算针灸学是针灸学科高质量发展的产物,以针灸临床实践或实验过程中发现的现象和规律作为研究对象,通过数据计算的方式得以解决,将“发现的科学”和“假设驱动的科学”有机地联系起来,使针灸生物信息、知识发现、数学模型和假设检验综合研究,为针灸科学研究探索了新的研究范式、新的方法驱动。

参考文献 (References)

- [1] Li N C, Guo Y, Li M Y, et al. A New perspective of acupuncture: The interaction among three networks leads to neutralization[J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2019, 2019: 2326867.
- [2] 陈勇, 李柠岑, 陈波, 等. 针灸网络生物学[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(11): 6288-6293.
- [3] 郭义, 王江, 陈波, 等. 计算针灸学[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(11): 5394-5398.
- [4] 郭义, 王江, 陈波, 等. 论计算针灸学[J]. 世界中医药, 2020, 15(7): 953-960.
- [5] 赵吉平, 李瑛. 针灸学[M]. 北京: 人民卫生出版, 2021.
- [6] 郭义. 实验针灸学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2021.
- [7] 陈光慧, 解婷婷. 考虑虚拟变量的逆抽样估计方法及其应用研究[J]. 统计研究, 2022, 39(11): 133-146.
- [8] 兰帅辉, 尹素伟. 数据、算力和算法: 智能传播的多维特征、问题表征及应对[J]. 当代传播, 2022(5): 93-96, 101.
- [9] Kumar A, Taggarsi M, 王瑞, 等. GRADE 证据质量评级及其在循证实践中的重要性[J]. 中国医院院长, 2021, 17(14): 21-22.
- [10] 刘保延, 陈波, 郭义, 等. 中国针灸世界针灸——近10年国际针灸临床研究进展(英文)[J]. Acupuncture and Herbal Medicine, 2021, 1(2): 65-73.
- [11] 何丽云, 赵天易, 刘佳, 等. 中医药真实世界的病例注册登记研究进展[J]. 世界中医药, 2022, 17(5): 595-601.
- [12] 吴家睿. 21世纪生物医学的三个主要发展趋势[J]. 生命科学, 2022, 34(11): 1327-1335.
- [13] 宋思敏, 刘阳阳, 郭义, 等. 美国外周神经刺激对针灸发展模式的启示[J]. 山东中医杂志, 2019, 38(8): 721-724.
- [14] Xu Y, Hong S, Zhao X, et al. Acupuncture alleviates rheumatoid arthritis by immune-network modulation[J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2018, 46(5): 997-1019.
- [15] 齐婧蕾, 陈勇, 公一因, 等. 基于针刺效应靶标蛋白阿片肽的针刺优势病种的预测研究[J]. 四川中医, 2020, 38(1): 176-180.
- [16] 陈勇, 陈泽林, 陈波, 等. 基于血清外泌体蛋白组复杂网络分析的电针潜在治疗病症预测[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(7): 4125-4129.

Advancement at the forefront: Exploring computational acupuncture

GUO Yi^{1,2,3}, WANG Jiang⁴, LIU Baoyan⁵, CHEN Bo^{1,2,3}, GUO Yang^{2,6}, XU Yuan^{1,2,3}

1. Experimental Acupuncture Research Center, Tianjin University of Chinese Medicine, Tianjin 301617, China
2. National Clinical Research Center of Acupuncture and Moxibustion of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China
3. Tianjin Key Laboratory of Innovative and Translational TCM Theory, Tianjin 301617, China
4. School of Electrical Automation and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China
5. China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China
6. The First Affiliated Hospital of Tianjin University of Chinese Medicine, Tianjin 300193, China

Abstract The rapid development of information technology has accumulated massive data for acupuncture research, but the characteristics and laws behind these data have not yet been systematically and deeply excavated and researched, restricting the development of acupuncture to a certain extent. In response to the above problems, we first put forward the concept of "computational acupuncture", which integrates traditional acupuncture and computational science. Taking acupuncture as the research object, data as the driving force, and calculation as the approach, we revealed the law and mechanism of acupuncture, in order to guide clinical practice and improve clinical efficacy. This paper reviewed the significance of the establishment of computational acupuncture, the characteristics of computational acupuncture, the challenges and suggestions currently faced with, and scientifically explained the connotation and future development trend of computational acupuncture, which can serve as a reference for the high-quality innovative development of computational acupuncture.

Keywords acupuncture; big data; computational science; information science; computational acupuncture ●



(责任编辑 徐丽娇)