

· 专题:双清论坛“用现代科学解读中医学原理” ·

## 用复杂系统科学的“涌现”原理研究中医学\*

梁宏伟<sup>1</sup> 曾科<sup>2</sup> 张辰宇<sup>2,3\*\*</sup>

1. 中国药科大学 生命科学与技术学院, 南京 210009
2. 南京大学 生命科学学院 医药生物技术全国重点实验室, 南京 210023
3. 南京大学 人工智能生物医学研究院, 南京 210023

**[摘要]** 中医学将人体作为一个整体来考虑,在疾病治疗上展现了强大的疗效。然而,人作为一种复杂特性的生命体,是一个开放的复杂巨系统,体内各种不同层次的分子、细胞、组织、器官与系统相互作用,保持稳态,还与外部环境有着物质、能量、信息的实时交换。现代医学尚无法系统地研究与认识其中不同层次相互作用,如何导致人整体变化与适应的规律,因此也不足以解释中医理论与概念。“涌现”是复杂巨系统的一个重要特征。高级别的层次或整体具备着低级别层次或组分所不具备的新属性,而且无法从低级别层次或组分的属性推断出更高级别层次或整体的属性。“涌现”原理在解决物理、化学等多个方面的复杂巨系统问题中,已经取得了斐然的成就。本论文旨在探讨应用“涌现”原理促进中医药研究的全过程,包括对象、方法、作用原理,这不仅能对中医药原理、理论的理解有促进作用,解决长期困扰学界的问题,更重要的是能够把中医学体系的思维、方法和理念,与当代实验科学发现的人体不同层次组分相互作用的现象规律融合,发现生命现象与疾病的本质规律。

**[关键词]** 复杂系统科学;涌现原理;中医学;整体观念

现代医学以“原子论”为哲学基础,以“还原论”为主要方法,以线性系统为理念,试图将人体各种属性还原转化为实际的解剖结构。它从分子、细胞等低级别层次来推导人体由多层次结构构成的复杂系统的整体组成形式及不同层次的相互作用规律,并试图通过干预单一靶点来解决人体这个复杂系统的异常。然而,越来越多的临床实践表明,以“还原论”为主要方法的现代医学在许多疾病的治疗过程中存在局限性。还原论主张将复杂的系统或现象分解为更简单的组成部分(即原子),通过研究这些组成部分来理解整体。尽管物质结构和性质的基础都是原子,但在医学领域中,许多现象和过程涉及到生物系统的复杂相互作用,包括基因、环境、生活方式等多个因素。“还原论”这种思维方式忽略了系统的整体性和各组成部分之间的相互作用。例如,在理解人



张辰宇 南京大学人工智能生物医药技术研究院院长,国家杰出青年科学基金获得者,长江学者特聘教授。主要研究方向为细胞外RNA研究和应用新领域。曾获教育部自然科学奖一等奖、教育部技术发明奖一等奖、谈家桢生命科学奖等奖项。主持两项973项目、国家自然科学基金重大项目1项。在*Cell*、*Nature*、*Science*等期刊发表论文321篇,担任*ExRNA*杂志主编。



梁宏伟 中国药科大学副教授。主要研究方向为非编码RNA在肿瘤、病毒感染等多种生理与病理过程中的生物学作用。在*Nature Microbiology*、*PNAS*、*Journal Of Hepatology*、*Cell Research*等期刊发表论文92篇,申请国内专利20余项。担任*Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*、*Aging and Disease*和*Extracellular Vesicle*杂志编委。

收稿日期:2023-08-02;修回日期:2024-02-16

\* 本文根据国家自然科学基金委员会第331期“双清论坛”讨论的内容整理。

\*\* 通信作者, Email: cyzhang@nju.edu.cn

本文受到国家自然科学基金专项项目(32341007)的资助。

体健康状况时,仅仅关注单个基因、蛋白质或其他生物分子的变化是不足够的。人体是一个高度复杂的系统,各个组成部分之间相互影响、相互调控,需要从整体角度去理解和分析。

随着人们对人体和疾病认识的不断加深,我们逐渐意识到对于疾病的认识和治疗,需要将疾病看作是人体这个复杂系统的一个系统异常,需要从整体入手,既关注构成人体各个组分和层次自身的属性,又要关注各个层次之间的互相作用关系,以整体、动态、辨证的观点去把握生命、健康、疾病与药物的关系,只有这样才能实现疾病的真正治愈。这与中医学的理念有相似之处。中医学是一门以整体观念为基础的医学体系,直接以人体这个复杂系统为对象。它考察生命在特定时空下的规律,当生命的内环境(气血)与外环境(四时)互相平衡时,生命即处于健康状态。当生命的内外环境由于构成生命的组分或者生命所处的外部环境发生异常,会导致生命不同层次结构之间相互作用关系紊乱变得不互相适应,发生失衡时(即中医学对疾病产生的描述“阴阳失调、气机失常、正邪交争”),生命即处于疾病状态。治疗的目的是通过恢复人体平衡状态以恢复对内外环境的适应。中医学在很长一段时间内被认为“不科学”、有争议,主要原因是因为它对疾病的描述是对各种内外环境影响下的临床表型进行描述,未深入探究造成临床表型出现的由内外环境构成的内部层次的“异常分子”和“异常联系”。而临床表型是内部层次涌现的结果。忽视对内部层次的解析,使中医学对疾病部位、症状等的描述无法在人体内找到确切的组织结构,也很难归纳总结特定临床表型的规律。

对于以整体辨证的疾病认知观念和“君臣佐使”的药物作用机制为核心的中医学,从其理论概念、思维方法、疾病认知及组方用药等都展现了复杂系统的涌现性。因此,要想实现中医学原理的现代化验证和解释、推动中医学的发展和大规模应用,就要抛弃单一的“自顶向下”或“自底向上”的研究思维和方法,转而利用复杂系统的涌现原理来解析中医学的涌现性特征和影响中医学涌现性特征的因素。

## 1 “涌现”原理与在解决复杂系统科学问题中的应用

在很长一段时间内,还原论(Reductionism)一

直占据着科学研究的主导地位,人们都试图用还原论来解释一切现象。还原论的理论依据来源于对系统和构成系统的组分之间关系的认识,还原论认为由于系统是由组分构成的,所以组分决定系统,系统的任何一个变化都可以在组分中找到原因<sup>[1]</sup>。还原论在现代科学的多个方面获得了巨大成功,然而还原论在遇到复杂系统时就产生了一些无法解释的现象。例如,虽然我们了解了空气的物质构成、人体细胞的分子构成,却无法用还原论通过了解到的构成空气的物质的属性、构成人体细胞的分子的属性来长期精准预测天气和气候、解释生物与疾病的复杂和适应性等。面对生命等复杂系统,其组分不仅种类繁多、数量巨大,而且组分与组分之间,组分形成的不同层次之间关联错综复杂,且其形成的复杂系统可能还具有主动性、适应性等多种与构成复杂系统的组分不具备的属性,这就是复杂系统涌现性的表现。因此,单单从组分的统计特性或低级别层次的统计综合,根本无法推断复杂系统中由其构成组分及其构成组分形成的不同层次结构涌现出来的特性<sup>[2,3]</sup>。因此,对于复杂系统的存在规律和运行法则,就需要突破还原论,利用复杂系统的“涌现”原理来研究和揭示。从本质上来说,涌现现象出现的原因就是海量信息构成的复杂网络,将相同性质的物质组织起来形成复杂系统,并出现前所未有的新性状和功能。而当去掉海量信息构成的复杂网络,单从低层次物质来预测和推算复杂系统的性状、功能和特征是无法实现的<sup>[2,4]</sup>。这也是还原论在解释复杂系统上毫无建树的本质原因。

对于将组分有机整合形成复杂系统的复杂网络蕴含的海量信息,在很长一段时间内都无法对其进行理解和分析。近年来,以神经网络等算法为架构的人工智能兴起为海量信息的解读和运用提供了可能。通过人工智能对复杂系统蕴含的海量信息整理归纳,使人们在理解复杂系统的涌现特性及涌现特性出现的原因上获得了巨大进步。“涌现”原理在解决物理、化学、生物、经济、社会、管理等多个方面的复杂系统问题中已经取得了斐然成就。例如,在物理领域,量子力学中的波函数是一个典型的涌现现象。单个粒子的行为是确定的,但当大量的粒子(如原子)相互作用时,它们展现出波粒二象性,即波动和粒子两种性质同时存在。这种现象无法通过单独考虑每个粒子的行为来解释,而是需要在整个系统

的层面上进行描述。又如冰、液态水、水蒸气都是由拥有相同的化学性质的水分子构成,但它们的物理性质却截然不同。根据还原论,对于由拥有相同的化学性质的水分子构成的冰、液态水、水蒸气应该具有相同的性质,这显然是不符合客观的自然现象的。而利用复杂系统的“涌现”原理,对于冰、液态水、水蒸气这三个复杂体系,它们具有的特性除了由构成它们的微观单元水分子之外,还有这些水分子在特定温度下的相互作用关系。综合水分子的属性,加上特定温度下水分子的相互作用关系,我们即可推断冰、液态水、水蒸气的物理性质。在化学领域,化学反应的动力学也是一个典型的复杂系统问题。当两种化学物质混合时,它们可能发生一系列的反应,产生新的物质。这些反应的速度和方向往往无法通过简单地将各个化学键的相互作用相加来预测,而是需要使用复杂系统的方法来描述整个反应网络的动力学。在经济领域,市场的价格波动是一个典型的复杂系统问题。市场上众多的参与者和交易者在不断地进行交易和决策,导致价格出现波动。这种波动无法通过简单地将各个参与者的行为相加来预测,而是需要使用复杂系统的方法来描述整个市场的动态。在管理领域,组织中的决策过程是一个典型的复杂系统问题。组织中的成员会根据自身的利益和目标进行决策,这些决策之间相互作用、相互影响,形成了一个复杂的决策网络。这种决策行为无法通过简单地将各个成员的决策相加来预测,而是需要使用复杂系统的方法来研究整个组织的决策机制。在社会领域,社交网络中的信息传播是一个典型的涌现现象。在社交网络中,人们分享信息、观点和情感,形成了一个复杂的传播网络。这种传播行为无法通过单独考虑每个人的行为来预测,而是需要使用复杂系统的方法来研究整个网络的传播机制。

## 2 生命系统不同层次的“涌现”规律

生命是由分子、细胞、Cybercell(由同种细胞构成的最小功能集合)、组织和器官逐层构成的生物体,并存在于特定时空的外环境中。构成生命的每个层次都建立在其下面的层次上,每个层次都通过特定的物质和结构关联在一起。例如,在细胞层面,大分子组装成核糖体和染色体等结构,这些结构又以各种方式形成更复杂的细胞器,如线粒体等;在生物层面,具有类似功能的细胞集群形成 Cybercell,

这些 Cybercell 又按特定顺序在空间上有序排布形成组织,组织结合起来形成器官,细胞与细胞之间、组织与组织之间、器官与器官之间,甚至生物与外环境之间又通过激素、细胞外囊泡等交互串联通信,并最终形成存在于特定时空下的生命<sup>[5-7]</sup>。因此,生命就是一个由大量互相作用的微观单元通过非线性效应形成具备无数层次结构的复杂系统(Complexities)<sup>[4,8,9]</sup>。这种由多个层次结构形成的复杂系统具有一个重要特征,即微观单元集合形成的低级别层次,以及低级别层次相互作用后产生的更高级别层次,都将具备微观单元和低级别层次不具备的新属性,并且即使从低级别层次组成部分属性的最完整知识也无法推断出更高层次的属性<sup>[5,4]</sup>。例如,由超过 1000 亿个神经元通过突触连接形成的人类大脑能够感知内外环境、控制机体行为、进行高级思考和创造,而对于构成人类大脑的微观单元—神经元显然不具备上述能力,并且从单个神经元也绝不可能推断出人类大脑所具备的能力<sup>[5]</sup>。涌现现象贯穿了生命的方方面面,无论是生命的生物组织,还是生命构成的群体以及群体在环境中的适应,都是生命涌现特性的体现。例如,以蚂蚁为代表形成的集群现象是生命群体涌现特性的典型代表,单只蚂蚁仅靠简单地分泌信息素来沟通同伴。但由上百万只蚂蚁组成的蚁群则具有了“智能”,他们不仅能够“逢山开路,遇水架桥”,而且还能够搭建拥有育婴室、垃圾房、蚁后房和储藏房等等具有不同功能区间的复杂蚁穴<sup>[4]</sup>。在人类尺度上,个体之间以及个体与环境的相互作用导致了各种各样的涌现现象,例如群体规模的协调,或社会共识,即在无中央集权组织的情况下,通过行为传染这种微观规律,集体行为会自发涌现<sup>[2,3]</sup>。对于更大尺度上的生态系统,与生命一样,不同生命群体类似构成生命体的细胞一样根据各自需求和功能,通过捕食关系、竞争关系和共生关系等相互作用占据不同时空的生态位,并通过复杂的相互作用,最终形成具有高度系统韧性和空间自组织性的生态系统,进而呈现不同的生态样貌和功能<sup>[2,4]</sup>。因此,生命存在不仅包含构成其物质存在的微观单元,而且还包含这些微观单元之间、由这些微观单元逐层形成的层次结构之间以及生命与其所在时空之间的相互作用关系。要想探究生命存在的规律,既需要研究构成生命的各个层次的自身属性,也需要揭示不同层次结构之间的相互作用关系。

综上所述,要解决复杂系统的问题就必须脱离“还原论”的桎梏,必须应用涌现原理在构成复杂系统各组分属性/性质的基础上,添加上各组分形成的不同层次结构信息与相互作用信息,才能够深入理解复杂系统的内在机制和演化规律。

### 3 “涌现”原理在中医学中的体现与应用

中医学是一门基于整体观念和辨证论治的医学体系,它以“整体观念”和“辩证思维”为基础,通过“君臣佐使”的药物组合平衡身体内部的阴阳、气血、脏腑等方面来维护和促进人体健康。中医学理论认为人体内部各个器官、组织、经络等是一个相互关联、相互影响的复杂系统。在这个系统中,各种因素的相互作用导致了疾病的产生和发展。因此,中医学强调从整体出发来研究疾病的本质,通过调理人体内部环境来达到治疗疾病的目的。这与复杂系统科学的基本思想不谋而合。复杂系统科学关注系统的整体性和自组织性,认为系统中的各个组成部分通过相互作用和协同演化,共同形成了系统的涌现特性。这种涌现特性是系统作为一个整体所表现出的性质和行为,无法通过其组成部分的简单相加来解释。因此,长时间以来强行将“还原论”应用于中医学研究,试图通过解析中药方剂中的单一成分等方式来解释中医和应用中医,而忽略中医学的复杂系统特征和涌现特性被证明都是行不通的。要想运用现代科学技术手段来深入研究中医学的本质和规律,提高中医学的科学性和实用性,就必须将中医学作为一个复杂系统,运用复杂系统的涌现原理来进行研究。

#### 3.1 “证候”理论中的“涌现”原理与研究

中医学认为人体是一个复杂的自适应系统,能够通过调整内部运行机制在一定程度上适应内外环境的变化,当内外环境变化超出人体自适应能力时,人体对内外环境的不适应就会导致疾病出现。中医学的证候就是对疾病发生发展过程中人体在特定时空下状态的综合反映,其中“证”指疾病所处的特定时空状态的病因、病机、病位、病性、病势的总体概括,反映病理状态的实质;“候”是指特定时空病理状态表现在外的表征(例如症状、体征等)。因此,中医学的证候不仅包含中医学定义的“五脏六腑”功能系统内部气血阴阳的关系失调、系统质之间的乘侮、母子传变、相互调控作用失衡,以及体质、遗传因素的决定作用等复杂的病理关系等内在因素

(气血),还包括邪气入侵的性质、途径、部位等外在因素(四时)。中医学中的“五脏六腑”是构成人体分子、细胞、组合和器官等各个层级结构逐级涌现的功能系统,不仅包括各种各样的空间分布,还包括瞬息万变的时间存在方式,当用现代医学的还原论手段试图从核酸、蛋白质等较为低级的层级来鉴定和研究“五脏六腑”的解剖学实质时,就将各层级结构通过复杂的时空联结方式逐级涌现形成的特性剥离开了,也就无法真正的理解中医学中的“五脏六腑”。对于中医理论框架中的证候体系,可观测的特定时空病理状态表现在外的表征(例如症状、体征等)就是构成人体“五脏六腑”各层次结构功能失调逐级涌现的结果。任何一个低层级的结构或功能异常,都可通过“涌现”导致更高级别层级结构或功能异常,直至演化为复杂系统可被观测的非适应状态,即各种表现在外的候。此外,机体的病理状态随自身免疫能力的变化、病程进展和药物干预的影响又会发生不断的变化。因此,同一种疾病在不同时空层面上会表现出不同的证候,而不同的疾病在某一个特定时空上也会呈现出相同的证候,这就是中医学中“同病异治”和“异病同治”的本质原因。再者,个体的体质、性情、人格特征、生活习惯和生存环境以及医生的经验、直觉、感悟等不确定性因素也可能导致中医学对同一种疾病的证候判断不一样。因此,中医学的证候是一个动态的、非线性的、复杂的涌现体系,反映了人体复杂系统在不适应内外环境时各个特定时空的涌现特性,具有典型的时空结构和内在网络调控特征。而目前利用还原论试图从构成人体的分子、细胞等底层组分来探究中医学的证候,就忽略了证候的时空结构和内在网络调控,也就无法揭示中医学证候的实质,因此也无法归纳获得中医学对疾病认知和解释的规律。

综上所述,作为中医学核心的证候理论即对人体这个复杂系统在疾病时的临床表现进行归纳和总结,从而形成了一系列具有指导意义的诊断标准和治疗方案。在中医学的证候理论中构成证候的要素不仅是相互作用的,而且还是动态演化的。一方面,由人体各个组成部分相互作用产生的一系列症状和体征构成的证候之间相互作用、相互影响。这种相互作用关系即是涌现原理的体现,即通过各个组成部分的简单相加无法解释整体的性质和行为,必须从整体角度进行分析和把握。另一

方面,疾病的证候表现是一个动态演化的过程,随着病情的发展和变化,证候要素也会随之改变。中医学通过对证候演化的动态过程进行观察和分析,能够预测疾病的演变趋势,从而制定更加有效的治疗方案。这种动态演化过程体现了涌现原理的时序性特征,即系统的状态随时间而变化,这种变化规律无法通过各个组成部分的静态特征来预测。

根据涌现原理,中医证候的本质是机体多层次功能网络系统的失衡而导致对内外环境的不适应。证作为人体有规律的外在病理表现,其必然存在着有规律的内在机制。毫无疑问,中医学证候实质一定蕴含在众多的“层级结构”和“层级涌现功能”中,要想揭示中医学证候的实质就需要沿着复杂性科学的研究思路与方法,根据涌现原理来展开研究。在探究中医药科学内涵的时候,用还原论从“解剖学”上去鉴定中医学对应的组织、器官、细胞、和分子显然不符合复杂系统的涌现原理。我们需要在基因组、蛋白质组、代谢产物组、细胞组、时空组等多个层次上寻找与其相关的功能网络失衡本质。要揭示这一本质,我们既需要从最低级的结构分析开始,如由蛋白质到蛋白质组学、由基因到基因组学、由代谢产物到代谢物组以及从细胞到细胞组、从组织到组织组、从器官到器官组、从表现型到表现型组的研究等逐级分析归纳;也需要从系统入手,分析细胞与细胞间、组织与组织间、器官与器官间及细胞与组织器官间和个体与生存环境间的交互调控网络,最终整合出整体层面的证候特征。而要想完成这个“自下而上”和“自顶而下”的多参数、多层次、多交互的复杂系统研究,就会涉及到海量信息的整合和解读。例如,要总结归纳和用现代科学理解中医学对于中风证候演变规律及证候“内实外虚、动态时空、多维界面”的涌现特征,就可以使用复杂系统的涌现原理突破象思维客观表达瓶颈,借助人工智分析源自中医学(包括病理状态和外在表征描述在内)的关于中风病医案的海量数据,从而总结归纳痰热腑实证候的动态时空演变、痰热腑实的内实外虚特点和证候概率的分类预测和证候演变规律。

### 3.2 中医学复方方剂中的“涌现”原理与研究

中药方剂是中医辨证论治的精髓之一,它由多种中药材依据“君臣佐使”之原理按照一定比例和配伍原则组成的复方制剂,其功效和作用机制具有复

杂性和系统性。每种中药具有特定的性味归经属性和临床功效,而中药的配伍会产生不同相互作用,其可能会导致药效增强或减弱,也可能会降低负面副作用。根据中药的特征,中医学将中药根据寒热温凉、酸苦甘辛咸、归心肺肝脾肾经、升降沉浮、有毒无毒等特征将中药区分为不同的药性,进而根据药性按照药物在疾病治疗过程中的效用分为“君药”“臣药”“佐药”“使药”。这种不同的药物有机的整合,使构成药物的糖、脂、核酸和小分子等不同类型生物分子构成了多层次的复杂系统,赋予了药物不同的功能,从而使药物通过组分间的相互联系和组织作用于机体后,涌现出比单一药物更强的效应。中药复方的组方原则“君臣佐使”强调“主病者,对症之要药也,故谓之君。君者味数少而分量重,赖之以为主也。佐君以为臣,味数稍多,分量稍轻,所以匡君之不迨也。应臣者谓之使,数可出入,而分量更轻,所以备通行向导之使也”。也就是说中医学在治疗疾病选择用药时,不仅要使用针对主证起主要治疗作用的“君药”,还要加入辅助君药治疗主证或主要治疗兼证的“臣药”,配合君臣药治疗兼证抑制君臣药毒性的“佐药”和调和并引导药物直达病变部位的“使药”,从而使药物涌现出靶向、低/无毒副作用,效果更强的“整体大于部分之和”的治疗效果。更有甚者,某些中药复方的组分通过“君臣佐使”的调和会涌现单一药物完全没有的治疗效果。例如,在传统中药复方补中益气汤中,升麻、柴胡等药单用均无提升中气作用,但是在补中益气汤中人参、白术、陈皮等药配伍之后,即有提升中气的作用。

中药复方的药物组合并非多种药物的简单叠加,而是以一种内在逻辑将不同药物按照特定的数量 and 组成比例整合在一起,从而使中药复方能够实现多组分协同作用和多元效靶点调控,从而使来自中药方剂中的每一种中药材成分相互作用、相互影响,共同发挥药效,从而涌现出比单一药物毒副作用更低、效果更强,甚至是单一药物完全没有的效应<sup>[10,11]</sup>。而且还使药物能够同时对多个靶点进行调控,从而使药物成分能够与人体多种成分相互作用,实现对人体生理和病理过程的调节。此外,在中医学使用中药复方治疗疾病时,还特别强调中药复方的动态演化与适应性调整。中药方剂需随着病情的变化和个体差异而进行适时调整。

综上所述,中医学复方方剂无论是其组成方

式、还是其作用原理,甚至包括其使用过程都无时无刻不体现了复杂系统的涌现现象,即多点协同和动态演化。目前,对于中药复方的研究,往往将中药复方的单一组分或个别组合成分割裂开来,试图分离中药复方的单一分子,鉴定该分子的靶点,从而来解释中药复方的治疗机制并应用该单一分子来进行疾病治疗。这就导致无法真正诠释中药复方治疗疾病的本质,而且以此基础开发的药物与中药复方相比要么效果微弱、要么毒副作用太强,与中药复方的治疗效果存在着天壤之别。对于处处体现复杂系统涌现原理的中药复方,要想真正科学的揭示其机理,大规模推广应用,就既要涉及构成中药复方本身的糖、蛋白和核酸等微观分子将其视为一个整体,还要考虑其治疗疾病多靶点联动和证候的动态演化。只有综合考虑和揭示这三类复杂性的内在时空网络,才能真正揭示中药复方治疗疾病的原理,获得中药复方治疗疾病的规律。

中药复方是建立在对疾病全方位判断基础上的中药有机配比。中药复方的分析归纳不仅要包含构成中药复方的糖、蛋白和核酸等微观分子及不同炮制方法下这些微观成分的转归,还要包含构成中药复方的微观分子、不同炮制方法下转归形成的新分子、协同效应构成的调控网络对人体分子或细胞等微观单元以及多层次结构交互调控网络的扰动规则<sup>[11]</sup>。这同样需要涉及海量的信息以及信息间的交互作用。基于涌现原理,我们在中医药学复方方剂研究过程中就不能单纯考察单一组分对单一靶点的作用,而要根据药物配伍规律,将中药复方视为一个整体。在中药复方药效物质基础上,关注药物的相互影响、协同作用和动态演化,深入揭示复方方剂药效机制,为新药发现和药物评价提供依据。

### 3.3 针灸治疗中的“涌现”原理与研究

针灸治疗是中医治病的独特疗法,与中药复方以脏腑(藏象)为主要治疗核心不同的是:针灸治疗利用针刺和艾灸等手段刺激人体穴位,调节气血、平衡阴阳,从而达到治疗疾病的目的。针灸治疗在多种疾病的治疗上展现了十分强大的疗效,相比于中药复方难以推广和普及,针灸治疗已成为全球应用最广泛、接受程度最高的传统医学,受到广泛认可。与中药复方一样,针灸治疗也具有整体性调节、协同作用与相互增强和动态演化与适应性调整等体现复杂系统涌现原理的现象。例如,有研究表明,针

灸可以缓解肿瘤患者的疼痛和恶心等症状,提高生活质量。针灸通过刺激人体特定的穴位,调节机体的生理功能,增强免疫力,促进身体康复,从而达到治疗肿瘤的效果。这种整体性调节是针灸治疗中的涌现现象之一。又如针灸治疗能够在一定程度上缓解抑郁症。针灸可以刺激神经系统释放多巴胺等物质,缓解情绪问题。有研究表明,针灸可以提高抑郁症患者的情绪状态,改善睡眠质量。通过多个穴位的刺激和神经递质的调节,针灸治疗产生了整体的治疗效果,这是各组成部分单独作用所无法达到的。再如可用针灸治疗面瘫。面瘫是一种常见的神经系统疾病,针灸治疗面瘫的效果已经得到了广泛认可。针灸通过刺激面部穴位,调节神经系统的功能,促进面部肌肉的恢复。研究表明,针灸治疗面瘫的效果优于单纯的药物治疗,患者面部肌肉的协调性和对称性得到明显改善。这种整体性调节和协同作用是针灸治疗中的涌现现象之一。

依据经络学说,人体经络运行气血,沟通内外表里上下,传导全身信息,其可能并没有实体的解剖结构,而是人体各层级结构涌现的特征。人体经络于构成人体的各个组成部分并不存在实际意义,而当构成人体的各个组成部分结合在一起时即涌现出了经络这一新的属性,通过经络人体将各个组成部分有机的整合在一起,故针灸通过刺激经络的特定部位(穴位),即可以通过全身经络的传导治疗不同部位的疾病。

针灸治疗在中国传承上千年,被广泛应用于各种疾病的治疗,并且目前也在多个国家备受追捧,但针灸治疗的原理至今仍不明确。针灸治疗疾病就像将石子投入到水里产生一层一层的涟漪一样,通过刺激特定穴位,继而通过经络传递至全身,从而恢复机体平衡。既往通过分析、还原的方法探索针灸作用机制,试图鉴定针灸学位的解剖学实质被证明是徒劳的。对于人体这个复杂系统,针灸的调节作用呈现出的强烈的双向性、饱和性和多靶点性,因此从复杂系统的涌现原理来揭示针灸的实质是今后研究的必然趋势。要想科学的揭示针灸治疗的机制和原理,就需要在不同的层面厘清针灸刺激部位分子层面、细胞层面及细胞与细胞之间、细胞与组织之间、组织与组织之间的相互作用和反馈,从而从整体来表征针灸的整体性调节和动态演化规律。

## 4 总结和展望

复杂系统科学的涌现原理为中医药学研究提供了新思路和新方法。将中医药学视为一个自适应、非稳态的复杂系统有助于深入理解中医药学的整体性和动态性。中医药学以其独特的整体视角创造出了不同于现代医学的独特生命认知方法和疾病治疗观念,在当代医疗保健中会发挥至关重要的作用。更好地验证和解释中医药学的原理并促进其与现代科学的融合,有助于中医药学的现代化和大规模推广应用。

面对以复杂系统为研究对象的中医药学,对中医药学的揭示需要革新先前的研究思想和模式,从复杂系统涌现性理论重新认知中药药性和中医药学科学内涵,归纳出中药复杂微观成分作用于机体后涌现出的整体宏观效应,以获得中医药学对于疾病诊疗的科学原理和普适性规律。在生物体这样一个具有深度负反馈、高度稳定的系统中,任何因素的变化都只能是“微效”的,同时任何因素的作用也都不是孤立和静止的,呈现出“多因微效”的特点。与化合药物相比,中药生物活性相对缓和,成分复杂,以不同的组合形式通过对复杂性疾病的功能基因网络调控产生治疗效果,在干预疾病有关生物分子及相关基因表达、基因组合上,发挥“多因微效”的整体调节作用。这说明,要想真正揭示中医药学的原理,需要对构成人体组分及组分涌现的多层次结构间互相调控的网络产生的海量多层次数据进行逐层和整体分析。从复杂系统涌现性理论认知中医药学,结合人工智能等高科技手段,实现中医药学的现代化学解释,对于揭示中医药科学内涵,归纳中医药学诊疗规律,实现中医药理论创新和大规模应用至关重要。

对于中医药学面临的复杂系统涉及到的多层次海量信息在很长一段时间内是几乎无解的。这也是在既往对于中医药学的研究过程中绝大多数还是采用还原论的思想去揭示单一层级、甚至是单一层级的某一微观组分功能机制的原因。例如,对于中药复方的研究,多从分离单体,探究单体作用的单分子靶点入手。随着科技的发展,尤其是能够模拟人脑进行神经网络大数据分析的人工智能技术出现,使我们根据“涌现”原理,综合多层次信息,分析复杂系统的规律成为了可能。例如,根据《黄帝内经》

提倡的中医整体观—“取象比类”思想,依据“取宏观之象、比微观之类”的原理,我们可以总结归纳出人类表型网络(人类疾病,包括中医证候的临床表现)、生物分子网络(生物体内部的基因、蛋白之间)、中医药学药物网络之间存在着一种“宏微观模块化关联”关系:临床表型越相似,相关的基因和基因产物及药物在网络上越聚集。根据这一推测,我们即可以利用人工智能构建中医药学证候表型、生物分子网络、中医药学药物的“关系推断”算法,系统的解析疾病机制和药物作用的关联,也可以在生物分子网络上实现了疾病和药物内在关系的揭示。

涌现原理是复杂系统科学的一个重要概念,可以帮助我们理解中医药学的整体性和动态性。在中医药学中,疾病被视为一个复杂系统,包括人体的多个器官、组织和生理过程。中药的配伍和治疗方案被视为系统的刺激和反馈机制,通过调节整体系统来恢复平衡和健康。涌现原理指出,系统中的新特征和行为是由组成部分之间的相互作用和自组织性所产生,而不是单个组成部分的简单叠加。应用涌现原理,有望从“系统观”“信息结构”“复杂性”的角度,用现代科学揭示中医药学科学内涵和诊疗方法的机制,发现中医药学在现代科学框架下的科学性和在真实世界的规律,实现中医药学的现代化。

## 参 考 文 献

- [1] Quine WVO. The two dogmas of empiricism. *Philosophical Review*, 1951, 60(1): 41—64.
- [2] Morowitz HJ. *The emergence of everything*. New York: Oxford University Press, 2002: 1—14.
- [3] Holland JH. *Emergence: from chaos to order*. New York: Perseus Publishing, 1999.
- [4] Mitchell M. *Complexity: a guided tour*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- [5] Cleveland P, Hickman J, Keen SL, et al. *Integrated principles of zoology*. New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- [6] Yan C, Chen X, Zhang CY. Nanjing School: Extracellular microRNA mediates co-evolution between species. [2024-02-21]. <https://www.nature.com/articles/d42473-020-00228-3>
- [7] 张辰宇. *物种起源与进化的媒介*. 南京:凤凰科学技术出版社, 2020.

- [8] Siegenfeld AF, Bar-Yam Y. An introduction to complex systems science and its applications. Complexity, 2020, 2020: 6105872.
- [9] Goldenfeld N, Kadanoff LP. Simple lessons from complexity. Science, 1999, 284(5411): 87—89.
- [10] 王耘, 张燕玲, 郭亦然, 等. 应用涌现性原理研究方剂配伍规律. 中国临床康复. 2005(9):155—157.
- [11] 白云静, 申洪波, 孟庆刚, 等. 基于复杂性科学的中医学发展取向与方略. 中国中医药信息杂志. 2005(12): 2—5.

## The Principle of Emergence and Traditional Chinese Medicine

Hongwei Liang<sup>1</sup> Ke Zeng<sup>2</sup> Chen-Yu Zhang<sup>2,3\*</sup>

1. School of Life Science and Technology, China Pharmaceutical University, Nanjing 210009

2. State Key Laboratory of Pharmaceutical Biotechnology, School of Life Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023

3. Institute of Artificial Intelligence Biomedicine, Nanjing University, Nanjing 210023

**Abstract** Considering the human body as a whole, Chinese medicine has demonstrated powerful efficacy in the treatment of disease. However, the human body is a complex and open system with different levels of molecules, cells, tissues, organs, and systems interacting to maintain homeostasis. Moreover, the human body continuously exchanges material, energy, and information with the external environment in real-time. Modern medicine has not yet been able to systematically study and recognize the interaction of different levels that lead to overall changes in the human body and the law of adaptation. Therefore, it is not sufficient to explain the theories and concepts of Chinese medicine. The concept of ‘emergence’ is an important feature of complex systems. Higher levels or wholes exhibit properties that lower levels or components lack, and it is not possible to deduce the properties of higher levels or wholes from the properties of lower levels or components. The principle of emergence has been successfully used to solve problems of complex systems in physics and chemistry. The present study endeavors to delineate the application of the emergence principle in advancing the realm of Chinese medicine research. It aims to elucidate the comprehensive process of leveraging emergence to deepen the understanding of Chinese medicine’s underlying principles, thereby addressing long-standing academic conundrums. Furthermore, this endeavor seeks to foster an integration of Traditional Chinese Medicine’s systemic thinking, methodologies, and concepts with contemporary experimental sciences, and explore the fundamental laws governing life phenomena and diseases.

**Keywords** complex systems science; emergence principles; Traditional Chinese Medicine; holistic perspective

(责任编辑 陈磊 张强)

\* Corresponding Author, Email: cyzhang@nju.edu.cn