

DOI:10.13288/j.11-2166/r.2023.01.002

系统中医学视域下基于脉象系统认识疾病过程

杨妮¹, 齐向华²✉

1. 山东中医药大学中医学院, 山东省济南市经十路 16369 号, 250014; 2. 山东中医药大学附属医院

[摘要] 针对人之生命过程与疾病过程的复杂性, 从系统中医学角度出发, 基于脉象系统所表征的机体特征分析疾病过程。认为疾病过程作为人生命系统的一部分, 应在系统中医学的指导下根据系统中医学非加和原理、元整体原理、“天生人”原理、有机性原理、功能性原理、有序性原理、自主性原理 7 条基本原理进行理解与把握。提出疾病是整体意义上人的病变, 包含人与自然环境、脏腑组织之间、局部与整体、心理与躯体等多方面因素; 其中各要素之间的层次性构成了疾病过程的纵向网络, 各层次及要素的时序性构成了疾病过程中的横向关系。通过对脉象系统中各个脉象要素、脉象层次之间的因果、演化、并列、时序等关系的梳理, 从层次、时间纵横双向可构建疾病发展框架从而认识整个疾病过程。

[关键词] 脉象; 疾病过程; 系统中医学; 系统辨证脉学; 系统科学

生命是世界上最复杂高级的物质运动^[1], 疾病过程作为生命过程中的重要部分同样具有高度的复杂性。钱学森指出“人是开放复杂巨系统, 中医研究的就是人的复杂性, 人的研究必须有系统观, 运用系统科学, 形成的是系统论思维”^[2], 提示在系统论思维指导下所形成的系统中医学在认识疾病过程方面具有更高层次的视野。循环系统作为人之生命系统的子系统, 由心脏搏动泵射出的血液流经机体所有组织器官而灌注全身, 因此机体任何部位结构和功能的变化都可能对整体血流状态产生影响, 而各器官在生理、病理状态下所合成、分泌及代谢的物质均可进入血液中, 从而对血液的浓度、质地和运动状态产生影响, 同时各器官的组织形态学改变亦可通过附着于血管内外的肌肉筋膜组织牵拉血管壁而造成血管壁张力等发生变化。“脉”作为密闭的循环管道系统与“心”直接相连, 在心脏有节律的搏动以及心气的推动和调控下, 脉管规律性舒缩, 使血液在脉管内形成定向的血流, 运行周身, 荣养脏腑、经络、形体和官窍, 维持人体正常生命活动。在脉象系统中, 通过脉搏波、血管壁、血流

层等所表现出的特征可表征机体的固有属性及功能状态, 能够对机体生命或疾病过程实现整体表达。本文从系统中医学角度出发, 基于脉象系统所表征的机体特征探求疾病过程, 试论述如下。

1 疾病过程的概念及内涵

中医学认为疾病是指有特定的致病因素、发病规律和病机演变的一个完整的异常生命过程, 反映的是一种贯穿疾病全过程的总体属性、特征和规律^[3]。疾病过程是一个由病因诱导的身体内部多层次、多环节的系统反应, 其所呈现的是疾病在时间意义上的异时连续的演变过程, 包含疾病的信息、状态、现象及其变化^[4]。疾病过程包括病因过程、病机过程和疾病的发生演变过程, 前两者可存在于疾病发病以及被察觉之前, 后者为疾病从发病及被察觉起直至结束, 其中每个阶段又可细分为更多关键环节。病因过程涵盖了始动病因、持续病因以及两者相互作用所形成的病因网络, 包括先天禀赋、个性体质、所处境遇、环境、饮食、情志、外伤等因素; 病机过程包括导致疾病产生、发展的基本病机和伴随疾病变化、转归的衍化病机, 可分为诸多病症的共同病机、网状交错病机关系、病机演变过程等; 疾病的发生演变过程则是疾病从产生、变化、转归、直至结束的整个病理过程, 包括证、症

基金项目: 国家重点研发计划中医药现代化研究重点专项 (2018YFC1707500); 山东省重点研发计划 (重大科技创新工程) (2021LZX06)

✉ 通讯作者: qixianghua2005@163.com, (0531)68617177

状、体征等要素。在疾病的动态变化过程中,存在某些要素作为推动和维持疾病发展的关键环节,即是治疗和防护的重点。因此,准确把握疾病的演变规律、掌握疾病的关键环节对于疾病防治至关重要。

2 系统中医学视域下对疾病过程的认识

系统中医学是指在系统科学指导下对生命的运动规律以及健康维护、疾病防治规律等方面问题的研究,其将人的复杂性总结为 7 条基本原理,即非加和原理、元整体原理、“天生人”原理、有机性原理、功能性原理、有序性原理、自主性原理^[5]。我们认为,作为人生命系统的一部分,疾病过程应在系统中医学的指导下根据以上原理去理解与把握。

非加和原理与元整体原理强调了人的整体性,认为人的整体性能不可从其部分或部分之和来解释以及要遵循人的分化发生机制和元整体特性来认识和调理人的健康与疾病^[6]。整体观念是中医学的基本特征,在诊疗疾病的过程中应将人的生命视为整体,由整体分化出各个部分,病变即为整体中所发生的异常局部反应。因此,疾病过程首先建立在病变的人这一整体之上,应在人的生命这一整体层面去把握疾病过程,同时关注环境在人疾病过程中的重要作用。在疾病认识方面,中医学认识到的病因如六淫、七情内伤、内生邪气等都不是特异性致病因素,其属性与人的系统质——正气的性质相对,病机、病证都是系统质异常的不同层次、不同环节的异常功能态^[7]。

“天生人”原理是对于天人关系的概括,认为人是宇宙(天)分化而生的子系统,在天人一体的整体观指导下应将人的生命置于自然与社会背景中,关注自然环境、社会环境对于人和疾病过程的影响与作用^[6]。中医学早已认识到了“天生人”的事实和规律,例如五运六气、子午流注等自然与生理理论,以及六淫与疫病之气致病等病理学说^[8]。

有机性原理是指相互作用使系统有机化,强调系统中各要素的相互作用、相互关系^[6]。在有机性原理指导下,中医学强调整体视角来把握人的生命过程,再对此过程中出现紊乱的环节进行识别,以此为据进行整体的调整,而不是将某一环节从整体的生命过程之中割裂出来进行研究。病变的本质是关系失调,如基本病机中的阴阳失调、气机失常等,过程与环节是关系实在在时间维度的体现,功能与属性则是关系实在在空间维度的体现^[9]。在疾病过程中,既有病因、病机、发病、病理等环节要

素,又包含着功能的紊乱与疾病属性的变化,如此相互作用、相互关系形成系统化的网络,网络节点之间彼此影响共同推动和维持疾病的发展与演变。因此,对于疾病过程应在功能、时间和空间的多维关系上去理解。

功能性原理是指人的生命是物质、能量、信息运化系统,运化功能是根本属性,它形成并调控结构;人的病变在本质上首先是功能性的,功能变化的逐步累积最终导致机体形态结构的实质性病变^[6]。疾病过程实则囊括了机体从无病状态到功能紊乱最终导致形态结构改变直至疾病结束的整个过程。与西医学重视解剖的形态结构相比,中医学更加关注人体功能即“气”的运动,将气之升降出入视为生命活动之机,与人的生、长、壮、老、已和生命的生、长、化、收、藏密切相关。病证所呈现出的表现以中医四诊信息的形式被获取,以辨别疾病的功能态,即阴阳、寒热、虚实等,从而推断疾病过程中的功能失常。在疾病过程中,功能状态的改变是疾病在发生之前能够通过症状、体征等外在客观表现予以捕捉与体察到的,此时也是预防疾病发生以达到治未病目的的关键时机。

有序性原理与自主性原理强调人的生命健康是稳定有序的,发病与愈病是生命过程中有序性的自主调理效应^[6]。与西医学杀菌、抗病毒、基因敲除等对抗性治疗手段相比,中医药在疾病治疗过程中起到的是调理性作用,通过调动机体自主性以逐步提高其有序性,例如通过调动人体之气的正常流转以驱邪外出而使阴阳自和,从而促使疾病痊愈。

3 系统中医学视域下基于脉象系统认识疾病过程

系统中医学视域下认为疾病是整体意义上人的病变,其中包含了人体与自然环境失调、脏腑组织间功能失和、局部与整体、心理与躯体等方面,具有多参照系、多变量、全方位、多角度、多层次的特点,因此临床诊疗时需要患者的体质、个性,外感和内伤病因、病机,病机演化、病证等层次进行逐一剖析。系统辨证脉学将系统科学纳入脉象研究中,认为脉象是一个复杂的信息系统,其对于疾病过程中的任何环节或层次都有客观的表征作用;脉象信息可分化为多种物理性质,系统辨证脉学运用中医学、认知心理学、现代信息学和物理学的基本原理将复杂的脉象系统分化出 25 对单一属性脉象要素^[10]。以系统中医学理论来分析脉象要素及要素发生的内在机理、脉象要素之间的关联与逻辑

关系和表征疾病发生发展的病因、证候、病机及西医疾病的客观“证据链”，同时分析整合脉象系统所表征的机体状态和层次，可全面认识整个疾病过程（如图1）。

3.1 脉象系统的概念及意义

脉象系统是多个脉象层次或要素相互联系、相互作用而构成的体系，能够表征人的体质、个性、心理状态等，是疾病发生、发展、变化的内在机制的脉象集合^[11]。脉象系统既能够对人的体质、个性、气、血、脏腑、器官功能等生理整体状态与不同生理子系统状态进行说明，又可对患者不良心理及生活经历、外在环境影响、发病诱因、疾病发生

发展的机制、局部病变部位和性质、症状、病机演化、疾病发展趋势及预后等疾病过程中整体病机到不同子系统证候进行说明。在病理意义上，脉象要素如寒、热、稀、稠、枯、荣等既能够表征疾病过程中的个别现象（如某一症状、体征、病位等），也可表征疾病的重要病机侧面（如病性之寒热、津液之盈亏等），即脉象要素可反映机体功能或结构失衡的点、段或侧面；当具有内在联系的不同脉象要素组合构成不同的脉象系统时，便可表征疾病过程中某一阶段、侧面和某一类型的病变本质，根据不同阶段、侧面和类型的脉象系统所表征的中医学意义，则可回溯整个疾病的发生、发展和变化过程

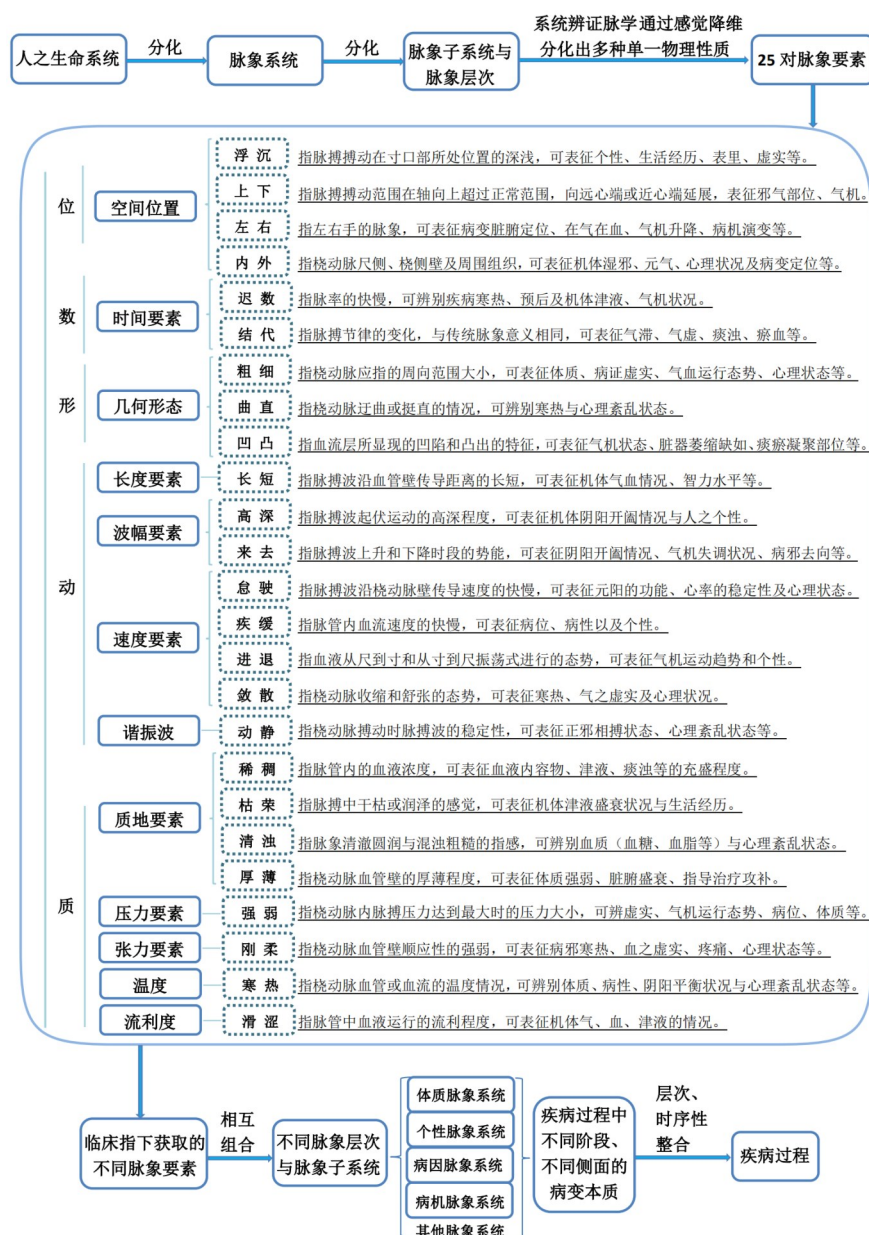


图1 系统中医学视域下基于脉象系统认识疾病过程示意图

以及判断疾病发展趋势与预后。

系统科学认为系统中的组分都按照系统特有的方式彼此关联在一起,当系统的元素数量多且彼此差异不可忽略时,不同的部分分别按照各自的组织模式整合,形成若干子系统,而子系统对母系统具有相对独立性^[12]。脉象系统亦是如此,其可分化出不同层级的子系统。系统中医学首重“人”这一整体,在诊疗过程中应首先立足于人的生命这一整体基础上。人的先天性本质从躯体结构和心理精神层面分为体质和个性两方面^[13],如《灵枢·阴阳二十五人》中“先立五形金木水火土,别其五色,异其五形之人,而二十五人具矣”,以及《灵枢·通天》中“盖有太阴之人,少阴之人,太阳之人,少阳之人,阴阳和平之人”,将人分为木、火、土、金、水五种体质和太阳、少阳、太阴、少阴、阴阳平和五种个性,均可通过相应的体质脉象系统和个性脉象系统来判定。此外,外界环境对疾病过程也会产生相应影响,如自然界气候异常变化所形成的六淫之邪、外界刺激作用于人体所引起的情志变化以及劳逸、饮食情况等均可在脉象系统中所显现,可依据系统辨证脉学中的外感六淫脉象系统、七情内伤脉象系统、劳逸所伤脉象系统和饮食不节脉象系统加以判断。

基本病机是疾病过程中具有共性的病理发展过程^[14],机体正邪交争所形成的邪正盛衰和随之导致的阴阳失调、精气血津液失常亦可出现相应脉象系统。当疾病发生后对人体某部分或全身造成影响时,可导致脉象中脉体、血流、血管壁、脉搏波在相应脉位出现该疾病脉象特征,进而形成该种疾病的脉象系统,同时疾病的证、症状、体征也会形成相应脉象系统。通过脉象系统这一人体子系统所显现的特性,可表征机体在疾病过程中的各方面变化,以最大程度上认识整个疾病过程。

3.2 疾病过程中的纵向网络即疾病过程中各要素之间的层次性

层次是系统由元素整合为整体过程中的涌现等级,复杂系统从元素性质逐步涌现出不同层次,由低到高逐步整合发展,最终形成系统的整体层次^[12]。疾病过程中的各层级关系构成了疾病过程的纵向网络,在复杂系统中,层次提供了一个参照系,而通过脉象系统所获取的信息应首先明确是在哪个层次上。脉象系统最基本的层次是脉象要素,最高层次是整体脉象,中间还存在不同的脉象层次,各个不同层次的脉象系统与病变层次具有相对

固定的关系。无论是具体的病因、病位、病机、病机演变或是西医疾病等都有固定的脉象要素集合即相应不同层次的脉象系统与之对应。

从疾病发展过程来看,病因过程分为始动病因与持续病因两个层次。始动病因是导致疾病发生的最原始原因,其致病性多是短暂的,随着疾病发生而消失;持续病因是疾病过程中持续作用于机体的致病因素^[15]。如由于人的个性体质从出生起就伴随着个体长期存在,劳逸失调、衰老等为漫长而持久的过程,因而在病因脉象系统中,个性体质脉象系统、劳逸失调脉象系统、衰老脉象系统和七情内伤脉象系统中的忧思、悲伤脉象系统所呈现的常为持续病因特征;而外感六淫脉象系统、饮食不节脉象系统与七情内伤脉象系统中的愤怒、惊恐脉象系统所呈现的多为始动病因特征,其存在时间距发病时间较近且作用短暂。始动病因与持续病因亦可相互交织形成病因网络相互影响,此时应从时序性角度出发以厘清两者关系。由于疾病过程极其复杂,牵涉局部和全身的各个层次,因此亦形成了多层次的病机理论,由高到低依次为基本病机、系统病机、类病病机、疾病病机、证候病机、症状病机^[16],同时疾病本身、证、症状等要素亦可形成与之对应的脉象系统。

在脉诊过程中不同的脉象信息同时涌现,在获取到脉象系统所展现出的病因、病机、疾病发生发展过程中所代表的不同信息时,应结合中医理论以厘清不同的层级关系。例如一感冒咳嗽患者,通过脉诊发觉其脉象系统中同时兼具上、进多退少、高太过深不及、寒、细、迟、浮、刚、敛的脉象特征,那么如何通过所获取的这一系列单一脉象要素构建起疾病框架?这就需要结合患者四诊信息、中医学理论以及各脉象要素的表征意义、各层级脉象系统特征来综合判断。将获取的单一脉象要素升维至脉象系统中的不同层级,其中上、进多退少、高太过深不及为气机上逆脉象,寒、细、迟为阴偏盛脉象,上、浮、寒、刚为外感风寒脉象,寒、刚、敛为兼有肌表外束、经气不利脉象;外感风寒脉象系统表征病因,气机上逆脉象系统表征气逆上壅而致咳嗽,阴偏盛脉象系统表征机体内有寒象,两者代表阴偏盛与气机上逆的基本病机,肌表外束、经气不利脉象系统表征症状病机,可揭示感冒肌肉酸痛的临床症状,如此便将单一脉象要素上升归类于各层级的脉象系统中,再结合中医理论整合起疾病的层次框架。但在多数情况下,患者来诊时病情的

初发阶段已过,此时常包含诸多衍化脉象,如若上例中还出现稀、滑、来急去急的脉象,尺脉显著且较为活跃,说明下焦蓄水且新近发生,此类水湿泛滥于下焦脉象系统即为由疾病所衍化,表明患者在此前基础上由于外感风寒导致水液运化失职从而出现下焦蓄水,患者可出现小便不利的症状。

3.3 疾病过程中的横向关系即疾病过程中各层次及要素的时序性

恩格斯指出“世界是过程的集合体”^[17],系统科学理论认为其明确了系统是永远与时间联系在一起的,具有时序性^[18]。在疾病过程中,病因、病机和疾病的发生演变都是连续且随时间变化的,把握疾病发展的时间顺序对于回溯病因病机、回顾疾病的产生发展以及判断疾病的进展和预后至关重要。脉象系统中疾病的脉象特征与疾病之间存在三种时间关系:疾病的脉象先于疾病出现,疾病的脉象与疾病同时存在,疾病的脉象在疾病过后长期遗留。疾病在出现临床症状前,机体的气血阴阳平衡稳态已被打破,此时脉象系统中已开始显现出某种疾病的病因、病机的相关特征,如具有某些疾病家族史的人群,在尚未发病时便带有某些遗传病的特征,此时疾病脉象即先于疾病出现;当疾病发生伴随着相应脉象的改变,脉象系统中包含着疾病的相应脉象特征,此时疾病脉象与疾病同时存在并随着疾病的变化而变化;在疾病发生后如某些心理创伤后、手术后等,虽患者已病愈,但其过往的心理创伤、手术后缺如处的脉象特征亦可以在人体脉象系统中长期遗留。以上三种时间关系,决定了脉象系统中所呈现的脉象特征对疾病过程的认识有回溯与预见的双重时间属性。

与中医学理论相结合,根据脉象系统中各脉象层次与要素所呈现脉象特征的活跃程度,可推断疾病过程中的时序性。机体新近发生的变化在脉象系统中表现出最为活跃的特征,且随时间推移活跃程度逐渐降低。一方面是病因过程,往往时间久远却于脉象系统中长期存在的、活跃程度较低的脉象特征所呈现的是病因过程,既包括外感六淫、七情内伤、饮食劳逸等因素,又包含了在诊疗过程中常常被忽视却又至关重要的个性、体质及心理因素,而不同的个性、体质与心理状态都有其多发的疾病类型,故个性、体质以及异常的心理状态往往是疾病发生以及传变的最根本原因所在;另一方面是病机过程,依次为基本病机、衍化病机,而病理产物、病理结果等的脉象特征常发生在最后且表现较为活

跃。例如一周围性面瘫患者,其脉象中沉、细、涩、动的郁闷不舒脉象是活跃程度低的整体脉象背景,寸部血管壁外侧缘刚、敛、寒的外感风寒脉象较为活跃,又于左关部呈现出极为活跃的热、凸、稠、动的愤怒脉象特征,以及寸上热、刚的气逆脉象特征,据此综合分析后推断:患者由于长期情志郁闷不舒存在气机运行不畅为持续病因,近来头面部感受风寒之邪和生气愤怒为始动病因,基本病机为气滞感寒,衍化病机为生气恼怒而导致气机上逆、郁而化火生痰,气血上逆头面发为面瘫。由此可见,在系统中医理论指导下,根据脉象系统中各脉象层次与要素所呈现的脉象特征的活跃程度可回溯疾病过程中各个重要责任环节,从而有利于针对复杂多变的疾病过程选取重要节点以施治。

通过对脉象系统中各个脉象要素、脉象层次之间的因果、演化、并列、时序等的脉络进行梳理,不仅能够系统回溯疾病的整个过程^[19],同时还能对处于亚临床状态的患者进行预判^[20]。在疾病出现症状或被察觉之前,机体气血阴阳的平衡已被打破,机体的功能态已出现紊乱,脉象系统中已显现出有关病因、病机的相关特征,但尚未出现疾病症状以及机体实质性改变的特征,此时便是治未病的最佳时机,即从病因、病机的初始过程阶段对机体状态进行调摄,恢复气血阴阳平衡,预防疾病发生。如炎热夏季时患者整体脉象系统中若出现热、数、高太过深不及、稠、滑且双尺脉枯、动的感受暑热之邪的脉象,即使患者外在表现正常,也应首先清暑滋阴,以防中暑的发生。通过脉象特征预判疾病发生、发展的趋势,既有助于治疗后疗效的观察与判定,更有利于推进未病先防、既病防变的治未病理念的实施。

4 结语

综上所述,系统中医学视域下的疾病过程,重视病变的人这一整体且将人的生命置于自然与社会背景中,重视各要素在疾病过程中的相互作用以及功能失常阶段在疾病过程中的重要性。将脉象系统所表征的特征与中医理论相结合,以把握疾病过程中各要素间的层次性和疾病过程中的时序性,从层次、时间的纵横双向构建起疾病发展框架,从而回溯疾病过程或预判疾病发展趋势。在系统中医学视域下基于脉象系统认识疾病过程,在对中医学整体观念进行更加深层次地诠释与理解的同时,更可推动诊疗过程中对于病因过程、病机过程、疾病发生

发展过程的全面把握。只有全面剖析、把握疾病过程才能无限接近疾病的客观真相并认清疾病的本质, 以此采取精准化措施来遏制疾病过程进展, 推进未病先防、既病防变的治未病理念的实施, 方能推动建立疾病预防、诊治、康复一体化的医学模式。

参考文献

- [1] 张玉清. 重塑中医的新型“人医学”模式: 背后的历史哲学的逻辑前提[J]. 上海中医药杂志, 2017, 51(1): 13-17, 22.
- [2] 方克立. 要重视研究钱学森的中医哲学思想[J]. 中国哲学史, 2018(1): 42-44.
- [3] 郑洪新. 中医基础理论[M]. 10 版. 北京: 中国中医药出版社, 2016: 11.
- [4] 齐向华, 宋晓宾. “疾病过程”论[J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(2): 234-236.
- [5] 祝世讷. 论系统中医学[J]. 山东中医药大学学报, 2019, 43(4): 323-329.
- [6] 祝世讷. 中医系统论基本原理阐释[J]. 山东中医药大学学报, 2021, 45(1): 7-21.
- [7] 祝世讷, 马淑然, 王乐鹏. 把握元整体观 加速中医现代化[N]. 中国中医药报, 2022-04-08(003).
- [8] 祝世讷, 马淑然. 天人原理揭示人天关系复杂性[N]. 中国中医药报, 2022-04-14(003).
- [9] 祝世讷, 马淑然, 薛公佑. 人的复杂性遵循有机关系模式[N]. 中国中医药报, 2022-04-20(003).
- [10] 齐向华. 系统辨证脉学培训教程[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2021: 前言.
- [11] 齐向华. 辨证脉学: 从指下难明到脉证相应[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2012: 176.
- [12] 许国志. 系统科学[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000: 22.
- [13] 王翠英, 齐向华, 王冬冬. 齐向华运用系统辨证脉学的临床经验[J]. 山东中医杂志, 2018, 37(3): 234-236.
- [14] 汤希孟. 中医基础理论学习精要[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2004: 172.
- [15] 高晶, 丁晓, 齐向华, 等. “系统辨证脉学”病因层次划分及临床应用举隅[J]. 山东中医杂志, 2020, 39(4): 404-406.
- [16] 孙广仁, 郑洪新. 中医基础理论[M]. 9 版. 北京: 中国中医药出版社, 2012: 246-247.
- [17] 高建德. 马克思主义哲学方法论[M]. 北京: 中国政法大学出版社, 1992: 105.
- [18] 陶家渠. 系统工程原理与实践[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2013: 70.
- [19] 吴慧慧, 齐向华. 基于认知心理学探究脉诊过程[J]. 辽宁中医药大学学报, 2014, 16(4): 105-106.
- [20] 齐向华. 系统辨证脉学临证优势浅析[J]. 中医杂志, 2017, 58(11): 984-986.

Understanding the Disease Process based on the Pulse Manifestations: from the Perspective of Systemic Traditional Chinese Medicine

YANG Ni¹, QI Xianghua²

1. School of Traditional Chinese Medicine, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, 250014; 2. The Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine

ABSTRACT In view of the complex process of human life and disease, this paper analyzed the disease process based on the pulse manifestations from the perspective of systemic traditional Chinese medicine (TCM). It is believed that the disease process is a part of the human life system, and should be understood following the seven basic principles of systematic TCM, including non-additive principle, monism and holism principle, adaptation of humans to the natural environment principle, organic relationship principle, functionality principle, orderliness principle, and autonomy principle. It is proposed that disease is an overall disorder in human under the concept of holism, involving many elements such as human and natural environment, *zang-fu* (脏腑) organs and tissues, the local and the whole, and psychology and body; among them, the hierarchy of each element constitutes the vertical network of the disease process, and the temporality of the hierarchy and the elements constitutes the horizontal relationship. Accordingly, the vertical hierarchy and horizontal temporality two-way framework of disease process can be constructed by analyzing the causation, evolution, parallelism and timing relationships of each element and hierarchy of the pulse manifestations.

Keywords pulse manifestation; disease process; systemic traditional Chinese medicine; systemic syndrome differentiation and pulsology; systems science

(收稿日期: 2022-05-27; 修回日期: 2022-10-03)

[编辑: 崔京艳]