

· 专题:双清论坛“用现代科学解读中医学原理” ·

我国中医药科技创新面临的挑战及发展举措^{*}

刘良^{**} 潘胡丹

广州中医药大学第二附属医院 中医证候全国重点实验室,广州 510006

[摘要] 中医学是我国具有原创优势的医疗与科技资源。党的十八大以来,国家中医药科学研究水平和科技创新能力显著提升,极大地促进了中医药的传承创新和发展。但是,中医药研究和科技创新也面临着资金投入少、研究平台层级低、研究队伍知识结构单一、前沿技术整合能力不足、研究项目碎片化、国际合作规模小、层次低等种种问题。本文从中医药科技创新现状出发,指出了我国中医药发展所面临的产品开发、独特技术流失和原创理论开发价值被流失的“三大”挑战。为了确保我国中医药原创理论的科学研究、价值开发、科技创新、产业发展等全方位的国际主导权,提出亟需重点构建“三大研究体系”,即新型中医病证结合临床诊疗体系、中医证候治疗药理学研究体系、中医临床研究底层支撑技术与方法学体系,并就上述体系构建的关键科学问题、重点任务、解决途径与方法进行了提炼,希望能为未来中医药研究和科技创新的重点布局提供參考。

[关键词] 中医药;科技创新;挑战及举措

中医学是一门具有独特医学理论和诊疗体系的传统医学科学,是我国具有原创优势的医疗与科技资源。中医学历经数千年的医疗实践证明,应用中医学原创理论指导疾病“防一诊一治”行之有效。中医学起源于本土,根植于中华民族,是中华文明的瑰宝,它的医学思想与方法与中华文化紧紧相连,群众基础深厚,许多民众均自发地应用中医学方法维护健康和促进健康,这与世界卫生组织所倡导的“医学目的朝向”非常契合。中西医两种医学在理论和实践上存在很多“不同”,中医药存在很多“未知”,导致二者在沟通、理解、交流等方面的鸿沟巨大。然而,只要中医药确有疗效并且安全,阐明这些“不同”和“未知”,就会带来科学新发现,这正是中医药科学研究的意义之所在,也是我国医药创新之源泉。这些发现和ación不仅能促进中医学的自身发展,还能为现代医药学发展给予新启迪。

习近平总书记强调指出:“要努力实现中医药健康养生文化的创造性转化、创新性发展,使之与现代健康理念相融相通,服务于人民健康”^[1];要进一步“发挥中医药在治未病、重大疾病治疗、疾病康复中



刘良 广州中医药大学教授,中国工程院院士,中医证候全国重点实验室主任,中医药广东省实验室主任。主要从事中医诊疗风湿病的临床和基础研究,及抗关节炎新药研发。承担国家自然科学基金重点项目、国家科技部重点研发项目等,发表SCI论文300余篇。获得国家科技进步奖二等奖2项。



潘胡丹 广东省中医院教授,中医证候全国重点实验室办公室主任,中医药广东省实验室科技研发部部长,广东省中医药科学院学术联络部主任。主要从事中医治疗风湿病的临床和基础研究。主持国家科技部重点研发项目、国家自然科学基金高层次人才项目、国家自然科学基金数学天元基金专项项目等。发表SCI论文40余篇,担任 *Phytomedicine* 副主编及 *Pharmacological Research, Engineering* 编委。曾获2021年树兰医学青年奖。

的重要作用”^[1]。这为我国建立重大疾病的处置模式指明了方向。然而,由于目前发展中医药科技资金投入少、研究平台低、人才队伍知识结构单一、国际合作规模小、层次低,导致中医药融合创新发展的

收稿日期:2023-12-07;修回日期:2024-04-29

^{*} 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: lliu@gzucm.edu.cn

本文受到中国工程院战略研究与咨询项目(2023-HZ-07)的资助。

人才和技术动能不足,也使中医药对重大疾病的“防—诊—治”优势作用未能充分发挥。随着中国人口老龄化加速、慢性非传染性疾病年轻化、细菌耐药及多药耐药问题日益凸显,我国医疗卫生健康体系面临着新挑战,迫切需要优化符合中国国情的“预防为主、中西医并重、中西药并用”的人民健康保障体系,并为世界解决重大慢病等难题提供中国方案。

1 我国中医药科技创新发展现状

科技创新是促进和保障中医药传承创新发展的关键。党的十八大以来,我国中医药科技创新能力持续提升,科技成果不断转化应用,这为提高中医临床服务能力、优化中医药诊疗方案、促进中医药产业高质量发展提供了科技支撑。从“非典”、甲型 H1N1 流感^[2],到新冠疫情防控^[3],中医药及中西医结合发挥了重要作用,这表明中西医学融合创新正在成为 21 世纪推进世界医学创新和生命科学发展的新趋势之一。

在中药研发领域,通过应用现代技术手段,如高通量筛选、分子生物学和基因组学等前沿技术的应用,加速了中药有效成分的发现和鉴定,并以此进行一类新药研发。同时,建立了一系列中药质量标准体系,包括国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)颁布了多项中药材及其制成品的国际质量标准,使中药产品的国际注册得以加速推进,亦推动了中药制成品的质量控制和标准化生产。在中医药信息化进程中,建立了中医药知识数据库和临床数据共享平台,整合了大量的中医药文献、方剂数据库、临床案例等信息资源,为中医医师提供了全面而准确的诊疗参考;开发用于辅助中医传承与医案分析的信息系统,完成了一批名老中医经验的整理和开发应用,使中医药挖掘和传承的数字化、信息化水平显著提升。同时,在中医药现代化技术领域也取得了重要进展,例如:生物组学和小分子质谱分析技术与人工智能技术在解析中医药原理中的广泛应用、中药新剂型开发、中药制药工艺改进等,显著地提高了中医药科技水平和临床价值,也推动了中医药在现代医学中的综合应用。

然而,国家在中医药领域的科技投入及其国家级高端研究平台的设立等方面,与现代医药学及其他学科领域的差距很大,并且这种差距越来越大。根据国家自然科学基金委员会公布的信息,2013—2022 年,中医药领域获得国家自然科学基金资助项

目共计 14 567 项,仅占医学科学部资助项目总数的 14.53%^[4],中医和西医的投入资助比例悬殊。因此,亟需加大力度资助中医药科学研究与科技创新,尤其是整合多元前沿技术开展融合创新研究,积极引导和支持解读中医药防病治病原理的前沿性、引领性、示范性科技攻关。此外,迄今在中医药领域尚未设置最高端的国家级中医药科学研究平台,中医药大科学装置和大科学计划亦未起步,这对于加速发展中医药创新科技、促进科技产业高质量发展都是十分不利的,也严重影响着中医药对国家实现高水平科技自立自强和国家经济高质量发展的贡献。

近年,国际社会日益重视从中医药原创理论和临床实践经验出发开发原研药物。治疗艾滋病的“鸡尾酒疗法”采用三个单体化合物针对艾滋病病毒复制的三个主要环节进行设计,结果表明其疗效显著优于使用其中任何一个单一化合物,其成果轰动全世界^[5]。“鸡尾酒疗法”发明者何大一博士表示,这种“三合一”的药物设计理念源于中药复方配伍理论的启发。中医学理论体系与诊疗方法不同于西医学,但两种医学理论体系的逻辑起点和支点都是源于为人体防病治病的临床实践,均蕴含着生命科学原理,惟二者在说理工具、诊疗及研究方法、语言表达方式等方面有所不同。在中医学辨证论治理论和中药复方治疗方面,必然具有其不同于现代医药学的防病治病原理,阐释这些原理,必然会获得医学科学和新药创制的新发现,进而形成疾病诊疗新理论和新药创制的新技术和新路径。

诚然,中医药科技创新和中医药的现代化、数字化、智能化、工程化是一个长期而持续的过程,需要我们心有定力、长远坚守,砥砺前行。还需注意的是,虽然目前已经取得了一些科技成果,但仍面临诸多风险和挑战,尤其需要保护与开发并举。

2 我国中医药科技创新面临的挑战

2.1 中医药高质量产品研发不足

中医药产品研发目前面临诸多挑战。屠呦呦教授^[6]从中医古籍葛洪的《肘后备急方》“青蒿一握,以水二升渍,绞取汁,尽服之”的记载中获得启发,采用低沸点溶剂分离获得了青蒿提取物样品,成功提炼出抗疟有效成分青蒿素,造福人类,据此荣获 2015 年度“诺贝尔生理学或医学奖”。但遗憾的是,我国没有青蒿素专利。据 2015 年统计数据显示:每年青蒿素及其衍生物的销售总额多达 15 亿美元,但中国的

市场占有率不到1%^[7]。此外,许多世界级重磅药物亦源自于开发中医药,如达菲、芬戈莫德、秋水仙素等。达菲由中药八角茴香所含的化学成分莽草酸半合成所得,迄今瑞士罗氏制药厂生产达菲的中间体原料药莽草酸80%以上仍由中国进口,即中国卖原料药,瑞士卖达菲,后者较前者的价格提升超过1100倍之多。近年,世界许多知名药厂从中草药中挖掘新药的力度与日俱增,我国防范中医药高附加值产品被流失的风险也日益增加。还需值得关注的是,国际医药学界日益重视从中医临床行之有效的中药方剂中开发复方新药。例如:美国耶鲁大学药理学系与企业合作开发中药经典方剂黄芩汤抗癌新药,目前已由美国FDA(Food and Drug Administration)批准正在开展该复方制剂治疗原发性肝癌的II期临床试验。可以预见,从中医临床行之有效的复方中挖掘治疗重大慢病的创新新药,将成为国际医药学界新的竞争制高点。

2.2 传统技术知识与产权保护不足

当前,在未被授权或许可的情况下,中医药传统技术或传统技艺存在被非法获取、使用、复制或传播的风险,损害我国中医药的传承创新与持续发展,亟需加强传统知识的技术化、科学原理清晰化的阐释,进而实现传统知识的转化与产权保护。例如:中药炮制是我国独有的将中药材加工成中药饮片的传统方法与技术,可提高药效、降低药物的毒副作用,且方便存储。津村等日本企业在深圳开办一家涉足中药饮片的药业公司,高薪聘请从中国药企退休的老药工担当技术指导,使炮制技术等中医药原创炮制技术流失风险加剧^[8]。

2.3 中医药原创理论解析不足

基于中医“证候辨识”的病证结合诊疗理论、中药复方配伍理论、经络理论等,是中医药诊疗疾病的原创理论核心,也是中医学理论和临床诊疗体系的最重要关键支柱。“证候”(“证”)是根据中医学理论的一种疾病分类方法,即机体在一种或多种疾病状态下不同个体、不同阶段、不同环境等情况下综合表现的归纳,是一种“客观存在”。基于“辨病和辨证相结合”而确立的治疗原则与方药常能奏效,其中必有其内在科学原理,若能深入挖掘和创新,将催生现代中医“病证结合诊疗学”新学科诞生。但目前我国对基于证候的诊疗学研究尚未引起足够重视。另一方面,经络研究是现代中医药科学研究的重要内容,西方国家对经络理论的关注与兴趣日益提升。2021年*Science*杂志发布世界最前沿的125个科学问

题^[9]中“中医的经络系统是否科学依据”位列其中,已经成为全球医学与健康领域研究的难点和焦点。美国国立卫生研究院(National Institutes of Health, NIH)围绕针灸等提出刺激外周神经调控机体状态的“SPARC(Stimulating Peripheral Activity to Relieve Conditions)研究计划”^[10],投资2.38亿美元用于研发外周神经刺激的装备,而制药企业、风投资公司参与该计划的研究经费高达20亿美元。因此,我们亟需防范中医学原创诊疗理论的科学内涵被西方国家所挖掘,形成基于中医药原创理论的治疗方案与产品,进而构筑技术壁垒,反制我国中医药科技与产业发展。

3 对加速发展中医药创新科技的几点建议

中医药是一个复杂科学体系,更加需要整合应用多学科先进技术与方法解读其原理,尤其是打造“多元生物组学技术+多元小分子质谱分析技术+人工智能技术”为核心的“三合一”前沿技术平台,开展融合创新研究;更加需要多学科结合的创新型人才队伍,发挥举国体制优势进行联合攻关;更加需要国际合作,让世界学者亲身参与研究并认识中医药的科学内涵。目前,解读中医药原创理论原理、开发其医疗与科学价值亟待加强,期盼在国家医学科学研究结构布局中予以强化,增加投入,确保我国中医药原创理论科学研究、价值开发、科技创新、产业发展等领域的全方位国际主导权。具体对策主要如下:

3.1 创建新型中医“病证结合”临床诊疗体系

西医学疾病诊断的“病”已经成为当今临床诊疗的主流规范和法律要求,因此,现代中医临床诊疗也需要明确现代医学的疾病诊断,然后进行中医“证候辨识”,制定辨证与辨病相结合的“病证结合”临床诊疗方案及其方药。辨病(现代医学诊断的“病”),指具体的疾病诊断;通过辨病,掌握疾病发生、发展、预后等规律。“证”是指某个阶段临床症状、特征概括,即按照中医理论的疾病分类法;通过辨证(或证候),可辨析疾病的类型、目前病情所处的阶段、以及患者机体的整体状态等。在临床诊疗中,同一疾病患者可出现不同的“证”(同病异证),同一“证”又可见于不同的疾病患者之中(异病同证)。可见,“证”是中医辨证论治理论的“轴心”,没有“证候辨识”,中医治疗也就没有了向导和前提。但是,单纯的“辨证”不能反映疾病的病原、病理、病灶等特征改变,单纯辨病却不能兼顾患者个体差异和机体的整体反应,故

需创建“辨病与辨证相结合”的新型病证结合、病—证—方一体化临床诊疗新模式和新方案,提高中医临床价值和临床疗效。

“病证结合”体系拟解决的关键科学问题包括:在某种疾病条件下的中医“证候”的表征规律,即病证结合诊断规律,并建立诊断规范与标准;中医“证候”因人、因地、因时的“三因演变规律”及其治疗策略与方案;“证候发生学”的共性或基本原理,或某种“证候”在某种疾病特定条件下的发生机理,及现代生理学和病理学的变化特征与规律;“方—证对应”中医方剂治疗疾病和相关证候的整合药理效应与分子机理等。

创建新型中医“病证结合”临床诊疗体系的重点任务主要有:(1)建立“病证结合”诊断新方法:以西医的“病”为纲,中医的“证”为目,以中医传统“证候辨识”的四诊合参诊断方法为主,辅以现代证候诊断的生物学指标,包括整合中医辨证、西医辨病的多维度“病—证”靶标生物标志物谱系,构建“病证结合”实验室检查诊断指标体系与方法,开发中医“证候诊断”功能信息采集与分析新技术和新设备;基于个体化患者的分型信息,建立最优化“病证结合”诊断新方法和新标准,实现中医学传统的经验式证候辨识方式,朝着传统的证候辨识方法+现代实验室检测参考指标相结合的“新型证候诊断模式”转变;(2)创立“病证结合”治疗新模式:整合多元中医证候研究与评价的融合创新技术,构建疾病及中医证候(病证结合)的分子表征图谱,实现西医疾病诊断和中医分型、“病—证结合”治疗效应评价和机制阐释的客观化、数字化和标准化;(3)建立“中医病证结合临床诊疗学”新学科:在建立中医临床“病证结合”诊疗新方法和新标准的基础上,编写中医“病证结合诊疗”教科书,紧密结合临床实际为中医本科生和研究生授课,培养“病证结合”临床专门人才和优秀的临床研究队伍。

3.2 创建中医“证候治疗药理学”研究体系

证候药理学是中医证候诊疗学与药理学的新型交叉学科,是采用现代科学技术阐释基于中医辨证论治理论运用中医方剂防治疾病的药理作用与机理的一门新兴学科。与传统药理学不同,证候药理学将有效针对中医药“病证结合”治疗的作用模式与作用靶点开展系统研究,以中医药原创“辨证论治”为指导,深入阐释中药及其方剂治疗的作用原理。随着中医“证候及其方证对应”诊疗原理的科学解读,

必将促进“证候药理学”新型交叉学科的快速发展。从学科属性上讲,阐释“中医证候诊疗学”原理属于“证候治疗药理学”范畴,围绕“病证结合”特征发现某种或某些疾病的核心病理环节,构建“病证结合”病理模型,阐释中药及其中医方剂的防病治病原理。随着证候药理学理论体系完善和应用实践,可望打破中医药基础与临床、中医与中药、中医与西医的学科壁垒,让中医药药理研究服务中医临床,指导医生客观辨证、科学选方用药。

“证候药理学”的基本任务是阐释基于中医辨证论治理论的中医方剂药理作用与机理,其关键的科学问题主要有三大方面:一是发现与总结在某种疾病条件下的中医“证候”表征规律,即“病证结合”临床诊断规律,以及“方—证对应”的治疗原理;证候具有系统性、时空性、动态性特征,故需总结证候表型特征,构建证候客观辨别定性与定量标准,解析证候时空演变及动态变化规律,尤其是中医临床治疗因人、因地、因时的“三因演变规律”;二是阐释某种“证候”在某种“疾病”条件下的发生机理,以及现代生理学和病理学的变化特征与规律;证候发生与个体免疫遗传学背景及环境因素等均密切相关,是内外因作用于个体的综合表现,故此解析证候发生、进展、转变机理是“证候药理学”研究的学术基础和前提条件;三是阐释“方证对应”中医方剂(或中药复方)治疗疾病和相关证候的整合药理效应及分子机理;中医方剂是根据个体宏微观特征进行证候分类的“方—证对应”治疗药物组合,以中药学君臣佐使的配伍理论为指导而形成的。因此,解析“方—证对应”方剂的“病证结合”治疗原理对于制定治疗重大疾病的优化方案具有十分重要的作用。与此同时,还要重视中药生物活性成分的研究与开发,为国家发展多元化高质量中药产业服务。

3.3 创建中医临床研究底层支撑技术与方法学体系

中医临床研究目前存在如下主要挑战与难点:(1)中医治疗通常是个性化的,或根据“三因制宜”原则制定非固定性的治疗方案,或针对不同患者因体质、病情等因素的差异可能采取不同的治疗方法,因此难以实施双盲、随机对照试验;(2)中医药领域存在着多种理论和学派,治疗方法和诊断标准也可能有所差异,缺乏统一的标准和术语,使得中医临床研究的结果难以比较和复制;(3)中医的诊断和疗效评估往往依赖于医生的经验和感觉,缺乏客观的

测量指标,这使得中医临床研究在治疗效果的评估上受主观因素的影响大。鉴于此,创建中医临床研究底层支撑技术与方法学体系意义重大。通过建立能够解析中医人体表型与证候原理的多元化学质谱、多元生物组学、人工智能等融合创新技术、中医证候辨识功能信息采集与整合分析技术、中医循证医学及诊疗优势评价适宜技术与方法、中医证候生物模型制作技术、中医证候生物信息学技术等,将为进一步打造中医临床研究的底层支撑技术,讲清楚、道明白中医药的防病治病原理奠定坚实基础。

打造中医临床研究底层技术与方法的重点任务有:(1) 开发中医人体表型研究支撑技术系统:构建跨时空临床大队列,获取宏微观、跨尺度、多模态数据,明确中医人体表型宏观特征与微观生物分子的内外关联;(2) 在研究设计上实现从随机对照临床试验向个性化实效性随机对照试验转变,围绕优势人群、优势方案、优势指标体系三个层面,建立切合中医药特点的临床疗效和优势评价适宜技术与方法;需要特别注重辨病与辨证相结合,从证候入手构建适合中医学学术特点的循证医学研究技术与方法体系,规范真实世界临床研究的开展,实现多维度研究数据挖掘与共享。

4 结论与展望

新质生产力与科技创新是提升中医药临床价值、发挥中医药在医疗卫生保健体系中重要作用的核心动力引擎。为进一步加强及推动中医药科技创新发展,中医药人应与多学科交叉人才共同携手,围绕中医药科技创新核心关键技术与科学问题进行重点突破,牢牢把握住“四个坚持”。

一是坚持以国家战略和重大需求为发展导向;强化国家安全战略科技力量,以新质生产力优化中医药科技创新体系,形成以科学研究为先导的知识创新体系、以标准化为轴心的技术创新体系和以信息化为载体的现代科技引领创新体系,促进中医药事业和产业的高质量发展。

二是坚持以中医药守正创新和传承发展为重要原则;注重应用现代科学技术解读中医药原理,推动传统中医药与现代科学相结合、相促进,充分发挥中医药在重大疾病防治中的重要作用,增强我国医药与健康科技的国际竞争力,提升中医药对人民群众的健康保障能力和对国家经济发展的贡献度,推动中医药融入世界大科学体系。

三是坚持以资源聚合与技术创新为主要抓手;注重整合多学科优秀人才和前沿技术,注重中医药原创理论研究和底层共性技术开发,注重多元化学质谱—多元生物组学—人工智能等前沿技术的整合应用。

四是坚持以合作开放、共享共赢为基本遵循;强化举国体制,构建国家高端中医药研究平台和中医药大科学装置,实行研究平台“核心+网络”的管理模式,围绕国家中医药重大目标联合攻关,强化科学研究与实际应用相结合,强化研究成果可辐射、可复制、可转化,强化“主导权”意识,积极拓展国际合作。

以“四个坚持”推动“原创理论、诊疗技术、防治方案、中药新药”四个方面实现突破,力争在世界范围内领航中医学发展的新方向。

参 考 文 献

- [1] 求是. 充分发挥中医药独特优势和作用,为人民群众健康作出新贡献. (2020-08-16)/[2023-12-03]. http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2020-08/16/c_1126366450.htm.
- [2] 国家中医药管理局. 卫生部办公厅、国家中医药管理局办公室关于印发《甲型 H1N1 流感中医药预防方案(2009 版)》的通知. (2009-05-07)/[2023-12-03]. <http://www.natcm.gov.cn/yizhengsi/gongzuodongtai/2018-03-25/6563.html>.
- [3] 新华社. 中西医结合治疗新冠肺炎为我国医疗卫生事业提供宝贵经验. (2021-05-24)/[2023-12-03]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-05/24/content_5611227.htm.
- [4] 中国科学报. 程京代表:传承发展中医药事业,要“中西医并重”. (2023-03-09)/[2023-11-14]. <https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2023/3/495666.shtm>.
- [5] Simon V, Ho DD. HIV-1 dynamics in vivo: implications for therapy. *Nature Reviews Microbiology*, 2003, 1(3): 181—190.
- [6] Tu YY. Artemisinin—a gift from traditional Chinese medicine to the world (nobel lecture). *Angewandte Chemie (International Ed in English)*, 2016, 55 (35): 10210—10226.
- [7] 光明日报国家社科基金专刊. 斜晓东:青蒿素专利难题与遗传资源知识产权保护. (2015-12-24)/[2023-11-14]. <http://www.nopss.gov.cn/n1/2015/1224/c352106-27971696.html>.
- [8] 中国经济网. 日本药企加速布局中医药产业链. (2023-04-12)/[2023-11-14]. http://www.ce.cn/cysc/yy/hydt/202304/12/t20230412_38493261.shtml.
- [9] Science/AAAS Custom Publishing Office. 125 Questions: exploration and discovery. (2021-05-14)/[2023-11-14]. <https://www.science.org/content/resource/125-questions-exploration-and-discovery>.
- [10] National Institutes of Health (NIH). Stimulating peripheral activity to relieve conditions (SPARC). (2016-10)/[2023-11-14]. <https://commonfund.nih.gov/sparc>.

Challenges and Development Strategies in the Innovation of Chinese Medicine Science and Technology

Liang Liu* Hudan Pan

State Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Syndrome, The Second Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006

Abstract Traditional Chinese Medicine (TCM) is a valuable medical and scientific resources with unique advantages in China. Since the 18th CPC National Congress, the national level of scientific research and the capacity for scientific and technological innovation in TCM have significantly enhanced, thereby greatly advancing the preservation, innovation, and progress of TCM. However, Chinese medicine research and scientific innovation face challenges such as low capital investment, limited research platforms, homogeneous knowledge structures within research teams, insufficient integration of cutting-edge technologies, fragmented research projects, limited international cooperation, and a low level of research scale. This study highlights three challenges in TCM technology innovation: lack of product development, risks of losing unique technologies, and the potential loss of value in original theoretical development. To maintain international leadership in scientific and technological innovation, and industry growth in TCM, it is crucial to prioritize the establishment of three major research systems, including the new TCM syndrome-based clinical diagnosis and treatment system, the TCM syndrome-based pharmacological research system, and the fundamental supporting technology and methodology system for TCM clinical research. The paper refines the key scientific issues, tasks, solutions, and methods for developing the mentioned systems, aiming to provide insights and strategies for future TCM research and scientific innovation.

Keywords Traditional Chinese Medicine; scientific and technological innovation; challenges and initiatives

(责任编辑 陈磊 张强)

* Corresponding Author, Email: lliu@gzucm.edu.cn