

· 专题:双清论坛“用现代科学解读中医学原理” ·

现代科学视域下针灸基础科学问题凝练和解析^{*}

景向红^{**} 朱兵

中国中医科学院 针灸研究所,北京 100700

[摘要] 支撑针灸学科的基础科学问题包括经络、穴位、刺灸法和针灸治病的机制。一个世纪以来,多学科专家采用现代科学研究方法,对这些科学问题进行了深入探索和思考,得出了一些有价值的结论:明确了经络学说所揭示的人体体表与关联内部器官的特定联系及调控效应,穴位对相应器官的靶向性调控和系统的广泛性调控是从不同的刺灸法激活不同的感受器和神经传入始动,通过激活神经—内分泌—免疫调控,发挥其局部、靶器官和系统性的稳态调节,这是现代生命科学对针灸基础科学问题的凝练和升华,也为针灸学科的发展奠定了坚实的科学基础。未来,针灸基础科学问题的研究要基于临床积累的大量有价值的经验事实,结合穴位部位、刺激方式、机体状态和效应开展研究,探索其调控途径和规律。同时,针灸学所涉及的人体机体稳态的调控,也为未来生命科学和健康医学提供借鉴和方向。

[关键词] 现代科学; 针灸学; 经络与穴位; 基础科学问题

针灸已经在全球 196 个国家和地区广泛使用。如果说针灸的临床疗效是其最重要的价值和生命力,这仅是其临床的实用性。而要将针灸学作为一门学科发展,就不能仅停留在经验和实用层面,必须将针灸疗效的确定性和可重复性建立在明确的科学基础上,针灸学才能有核心的生命力。

针灸的基础科学问题,顾名思义,是支撑针灸学科发展最基础也是最关键的问题。包括经络、穴位、刺灸法以及针灸治病的机制。这些问题,经历了近一个世纪和现代科学融合,我们是否可以得出古人所描述的经络、穴位和刺灸法理论和实践的核心要义?我们从中可以凝练出什么科学问题可以对未来的研究有所借鉴?本文将从分析这些研究的代表性方面,从现代科学视域思考其对针灸基础科学问题的凝练和升华,以避免再走弯路,也希望针灸学所蕴含的生命科学原始创新可为未来的医学发展提供借鉴。

1 经络研究

经络学说是中医学的重要理论,是古人长期医



景向红 中国中医科学院首席研究员,中国中医科学院针灸研究所所长。长期从事针灸基础科学研究,在经络研究、穴位敏化及针刺抗炎镇痛机制研究等方面取得了一定成果,获省部级奖项 9 项。先后承担国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目等 13 项科研项目。

疗实践的智慧结晶,千百年来为人类的健康事业发挥了积极、重大的作用。我国于 20 世纪 50 年代即广泛开展了经络研究,在循经感传、经脉脏腑相关和经穴理化特性方面取得了长足的进步。循经感传现象以及循经的一些理化生特性(如循经低电阻、循经同位素迁移、循经高氧分压)为经络的客观存在提供了一定的依据。但是长期以来,由于未能在经络实质的研究方面取得突破性进展,缺乏确切、可靠的研究依据,使得经络的研究存在较大的争议。

经络研究最初立项在 1956 年,受日本中谷一雄良导络工作影响,经络实质的研究被列为全国自然科学发展规划的重点项目^[1],中国科学界由此踏上了经络研究的艰难历程。这一时期的研究主要集中

收稿日期:2024-01-05;修回日期:2024-04-15

^{*} 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: jxhtjb@263.net

本文受到国家重点研发计划项目课题(2022YFC3500702)的资助。

在经络的形态学研究方面。1963年,朝鲜金凤汉报道他们找到了经络和穴位的实体,发现了“凤汉小体和凤汉管”等结构。我国立即组织有关人员进行重复。1964年在中国中医研究院成立了经络研究所,研究者穷尽了大鼠和家兔全身各部的组织切片染色和观察^[2],最后在家兔退化的肚脐找到了金凤汉所提供的“凤汉小体和凤汉管”等结构,“寻找特异性经络结构”的研究告终。

20世纪70年代聚焦“明确经络现象”,开展循经感传的研究。1973年,由中国科学院生物物理所和北京大学生物系联合组成经络研究协作组,发表了《经络敏感人经络现象的初步研究,附经络传导现象调查1000例统计分析》的报告。此后启动经络现象的普查研究工作在全国各地展开,学者们开展了万人普查,发现经络敏感人达百例,大大超过了此前的个例报道^[3]。提出了“肯定现象,总结规律,提高疗效,阐明本质”的进一步要求,将感传分为显性循经感传和隐性循经感传。关于循经感传的机理,人们提出了各种各样的假说,主要有中枢兴奋扩散和外周动因激发两类。近年来比较有代表性的观点有:运动神经元柱假说^[4]、循经骨骼肌链假说^[5]、轴索反射联动接力学说^[6]等。然而,循经感传作为一种主观感觉,检测过程中诱导性强,结果差异很大,可信度不高。

此后,20世纪80年代开展了“十四经循经路线的客观检测”^[7]、90年代“寻找特异性功能通道”和“经脉(穴)脏腑相关”的研究^[8],其中经脉脏腑相关研究作为探讨针灸临床疗效和作用机理的重要内容,主要集中在体表—内脏反射研究、体表—内脏的信息传入在中枢不同水平的汇聚研究以及神经肽在经脉脏腑神经相关中的重要作用等,这些研究为后续的研究提供了有价值的认识。

此外,科学家采用声光热电磁等检测方法开展了经脉循行路线的客观检测及其物质基础的研究。主要包括循经低电阻^[9]、循经高温线^[10]、循经低流阻^[11]、循经高氧分压^[12]、循经同位素迁移^[13-15]、循经血管干周隙^[16]、循经液晶出现^[17]、循经肥大细胞密集^[18]、循经低频机械振动波^[19]、细胞外基质^[20]、循经的分子能量转移^[21]。但这些研究的重复性和规律性都没有得到再次验证,不能确定是否是经络的特征,也不能和经络穴位的功能联系起来,后续的工作不多。

对于寻找经络实质的研究一直存在较大争议,也难以从单一现象或组织结构来揭示经络的功能。

学者们从不同角度就以往的研究进行了深入的分析思考,黄龙祥^[22]系统考察经络学说形成的历史过程,提出了“古代经络学说进入现代实验室前必须过‘五关’”,通过“过滤”“诠释”“表达”“衡量”和“检验”,方可得出经络研究要保留经验事实或规律的客观素材,明确了“经络线所示意的人体体表与体表上下之间、体表与内脏内外之间特定部位间的特定联系,即手足一定的部位与头面、躯干部一定的器官或部位之间的上下关联,手足一定部位与一定的内脏之间的内外关联”这一科学命题。赵京生^[23]对经脉理论进行了还原和重构,基于经脉的共同特性,提出了“经脉二元理论”,即“四肢经脉和躯干经脉”。朱兵^[24]根据近年来实验研究的成果,尤其结合穴位反映疾病和治疗疾病规律,结合发育神经科学的研究,对经脉“二元结构”进行了解析,循行四肢,部分的经脉穴位呈纵向排列,头面躯干部的经穴呈横向分布,这种模式与躯体发育形成的“皮节”密切相关。以胚胎期“体节”发生为中心,外胚层神经板、中胚层皮肤节,以及内胚层分化在皮—肌—内脏—神经发育过程中形成同节段相对紧密联系的结构功能单元复合体,是经脉联系的结构基础。以此可以明确经络学说所揭示的人体体表—体表、体表—内脏的特异性联系、调控和反应规律,是经络学说的核心科学问题。这些思考和认识在后来的穴位效应规律研究中得到了充分的体现。

2 穴位研究

穴位是针灸作用的功能载体,是针灸学科最重要的基础科学问题。近年来,国外假针刺对照有效的临床研究结果对穴位是否存在及位置大小提出了质疑^[25]。穴位的研究再次成为热点,对穴位功能的研究不断深入,认识也越来越全面。

2.1 穴位效应特异性研究

穴位的特异性被认为是穴位是否存在的根基。多年来,我们对于特异性的认识一直没有清晰的定义,认为穴位比非穴位效果好,比其他经穴效果好,就是穴位特异性的体现。而国际针灸临床随机对照试验对于特异性的认识,指的是特异性的刺入效应,其他和刺入不相干的影响因素如环境、医患交流等都是针刺治疗的非特异性效应。这两个不同语境下对特异性的不同认识,要区分开来。此外,国际上由于穴位旁开小微针刺有效,质疑穴位的存在,也对我们深刻认识穴位的位置和功能提供了有价值的启示。

单从穴位效应的特异性来说,可以定义为穴位和相应靶器官关联的相对特异性,通过穴位反映疾病和治疗疾病的相对特异性来体现。如果说穴位反映疾病是穴位的起源,那么穴位因疾病过程发生感觉异变和形态改变的观察,启发了学者们开展穴位本态特征的系列研究。从穴位反映疾病的局部变化入手,开展穴位敏化的形态和结构研究,明确了穴位由生理状态下的“静息态”到靶器官病变时“激活态”的质变,称为“穴位敏化”。表现为感觉异变、组织形变、位域扩大、效应增强和局部微环境改变等特征^[26]。在功能上证明了敏化穴位随着疾病的状态变化,其治疗疾病的功能明显增强,表现为通过激活同节段的体表(穴区)—交感—内脏反射性联系发挥对相应靶器官的调控作用,称之为“功能性单元穴位组”。这些研究揭示了疾病状态下穴位动态变化过程及穴位—靶器官功能联系增强的科学基础,提升了对穴位功能和结构的认识,是穴位特异性反映疾病和调控靶器官功能特异性的体现,这些研究回答了国际上对穴位是否存在的质疑。同时,躯体穴位和靶器官还存在着跨节段的联系,通过体表(穴区)—副交感—内脏反射发挥对相应靶器官的与特异性相悖的调控作用,呈现出跨脊髓神经节段“集元穴位群”,需要脊髓上中枢的参与。总体来说,单元穴位组和集元穴位群共同构建躯体传入信息调整和平衡内脏功能的稳态系统。这种穴位—自主神经—内脏反射的两种模式,构成了穴位对内脏功能调节规律的科学基础,即副交感神经活动偏亢的病症主要取单元穴位,交感神经活动偏亢的病症主要取集元穴位^[27]。

2.2 穴位效应的广谱性研究

以上穴位对相应靶器官的功能调控,是穴位特异性的体现。然而,对于靶器官不明确的一些系统性疾病,针灸也有一定的效果,尤其是临床上一些辨部位诊病,运用局部取穴也获得了很好的疗效,这就提示穴位除了对内脏功能的特异性靶器官调节效应,还具有局部或全身的系统性调控效应,称之为穴位效应的广谱性。穴位局部刺激引起的神经—内分泌—免疫反应,通过激活局部的肽能感觉神经纤维,释放降钙素基因相关肽(Calcitonin Gene Related Peptide, CGRP)和P物质(Substance P, SP)等神经递质,引起局部毛细血管扩张,血浆渗出;SP与血管和神经周围肥大细胞上的NK1-R受体结合,引起肥大细胞聚集、脱颗粒,进一步释放五羟色胺(5-HT)和组胺(HA)等物质,在穴区局部形成神经源性炎

性—免疫反应。这一神经—免疫级联应答是针灸物理刺激转变为机体生物化学信息的始动机制之一,是针灸信号发生、传递和发挥局部作用的重要载体^[28]。其次,针灸刺激也激活了皮肤的皮—脑轴,引起HPA相关的激素如促肾上腺皮质激素释放因子(Corticotropin Releasing Factor, CRF)、促肾上腺皮质激素(Adrenocorticotrophic Hormone, ACTH)和糖皮质激素受体(Glucocorticoid Receptor, GR)的增加,发挥局部和系统性调控,是针灸广谱效应的体现^[29]。此外,针灸等刺激还可以加速皮肤创面的炎性—免疫反应促进愈合修复过程,局部热灸能够促进创伤炎症期血清促炎因子(IL-1 α 、IL-1 β 和IL-6)表达,并能提高抗炎因子(IL-4和IL-10)水平;同时,热灸增加了血清中巨噬细胞炎性蛋白(MIP-1 α)含量,调控创伤局部巨噬细胞迁移和增殖,诱导其从M1向M2型转化,表明热灸加速了创伤炎症期的炎性反应过程,使局部炎性—免疫反应曲线左移,创伤提前进入细胞增殖修复期^[30]。这是局部刺激穴位促进局部修复作用的体现。

穴位效应的特异性和广谱性,还表现在针刺镇痛和抗炎等方面。穴位和痛源部位结合的节段性镇痛和全身性镇痛,其刺激特点和调控模式已经明确,选择和痛源部位相同或相邻神经节段穴位刺激,通过脊髓闸门调控来实现节段性镇痛;选择和痛源部位异节段的穴位刺激,则要通过上位中枢的下行抑制实现全身系统性镇痛^[31]。穴位对靶器官和系统性炎性—免疫的调控特点和机制,目前研究较少,随着对靶器官区域免疫及其自主神经调控的认识,未来这将是一个研究热点^[32]。

总之,传统针灸学认为穴位具有近治作用、远治作用和特殊作用,通过20多年的现代研究,从穴位对靶器官的特异性调控和全身的广谱性调控两方面,初步构建出穴位的效应规律和机制,这方面的深入探讨将为针灸学科奠定深厚的科学基础。

3 刺灸法的研究

在刺灸法的研究方面,以往的研究注重临床观察和演示,难以量化。国内有很多专家致力于名老中医针刺手法的采集和量化,但目前尚无成型的设备在临床上应用。2011年美国国立卫生院(National Institute of Health, U. S. NIH)支持了针刺手法检测仪的研发,设计生产出针刺检测仪(Acusensor)^[33],对针刺的机械刺激参数进行了定量,但由于应用场景不明确,已经停产。针刺手法的

量效关系研究,尤其是要结合不同部位的穴位,不同机能状态以及患者的感觉,得出一定的量效关系,有很大困难。

目前,可从穴位刺激激活不同神经传入来对刺激进行量化,研究针灸不同刺激方式与机体传入信号调控效应关系,以往学者探索激活不同神经传入所引起调控效应,证明了针灸主要通过激活穴位局部的 A δ -和/或 C-纤维感受器、通过中枢整合,再经传出系统到达靶器官发挥镇痛、调控、修复作用,这可能是解密针刺手法的有效手段^[27]。目前,“躯体—自主神经反射”研究,即激活不同的躯体传入调控自主神经传出,实现对相应靶器官的功能调节或全身系统性调节,是美国 NIH 发起的刺激外周神经减轻症状 (Stimulating Peripheral Activity to Relieve Condition, SPARC) 计划的研究重点,也将为揭开针刺手法的奥秘提供重要的机遇。2021 年,诺贝尔生理医学奖获得者 David Julius 发现了热与痛的辣椒素受体——香草素受体 1 型 (TRPV1),参与了动物的感觉分辨和机能调控。TRPV1 受体的激活范围也正是在“针灸”作用强度范围。针刺和热灸都能抑制实验动物的痛反应,而敲除 TRPV1 受体后,针灸镇痛作用明显减弱^[34]。针灸足三里、中脘等穴位对胃肠运动有显著的调节功能,但敲除辣椒素受体后这种效应亦明显降低^[35];这些研究对于明确刺灸法的作用机制以及针灸等刺激方式的未来变革具有重要价值。

随着感觉生理学的发展,结合分子遗传学,借助于光化学遗传技术,人们可精准解析感觉神经元的传入环路并分析其对整体功能的影响。新近发现的低阈值 C-类机械感受器即“轻柔触觉感受器”(甚至被命名为“按摩感受器”)亦与针灸相关,穴位所具有的“按之快然”的敏化“愉悦”效应和推拿按摩的“痛并快乐着”的感受是这类感受器的特性^[36]。系统探讨这些感觉传入之间的关系是近些年探讨针灸效应的前沿,将为穴位本态的阐明、针灸效应的发挥、不同刺灸法作用的特点和针灸学科的发展起到推动作用。

4 针刺治病机制研究

关于针灸治病机制的研究,多是从针灸临床有效病种和优势病种出发。目前开展最多的是针刺对缺血性中风的机制,大多通过行为学观察、脑功能变化,以及脑内某些核团的神经元修复及其分子网络

信号通路机制,这方面的研究对于说清楚针刺作用的机制有限,研究的结果也脱离针灸学本身。有学者对穴位、疾病及其作用靶点做了大数据分析,形成了“基于文献大数据的穴位刺激效应可视化平台”^[37],从 1956 年至 2019 年,60 多年针灸研究治疗疾病的机制多集中在脑缺血、心肌缺血、脊髓损伤、血管性痴呆、衰老、帕金森病、脑出血、坐骨神经损伤以及糖尿病等疾病,涉及疾病、穴位、效应、疗法、组织器官等 5 种知识元并可分析其相互之间的关系,以针刺治疗帕金森病机制研究为例,穴位选择为风府、太冲、关元、足三里,效应指标为神经行为学表现、RET 基因、神经丝轻链多肽等,涉及的脑核团为中脑腹侧区,刺激方式多为电针,但从目前的研究中很难判断这些效应指标是由特定刺激某穴位引起而其他穴位没有。从现有研究的选穴来看,大多数研究都选择足三里,而效应指标多样,足三里成为引起各种效应的万能穴位,令人不禁质疑研究的严谨性。这种套路化和碎片化的研究,对疾病本身的研究也许有一定的意义,但对针灸学科的发展和临床的指导意义不大。在针刺对众多疾病的治疗机制方面,瞄准核心病机,采用典型模型,明确针刺作用的特点,是讲明白针刺疗效的重要方面。

近年来关于针刺治疗哮喘和针刺抗炎的机制的探讨值得关注。杨永清团队^[38]在全国名老中医邵经明教授总结的“三穴五针”治疗哮喘有效的基础上,通过系统生物学研究发现,针刺抗哮喘效应包括了抗原递呈减弱、免疫抑制调节、平滑肌收缩舒张调控等三类关键生物过程,其中金属硫蛋白 2 (MT-2) 是针刺抗哮喘效应基因之一,利用受体放射分析等研究方法发现 MT-2 在气管平滑肌细胞上的作用受体是肌动蛋白结合蛋白-2 (Transgelin-2),最后,验证并确认“类针刺”舒张气管平滑肌作用的先导化合物 TSG12 是具有良好临床应用前景的潜在抗哮喘新药物。这一源自针灸的治疗哮喘新靶标发现,建立在针灸治疗临床有效的基础上,将靶标发现的分子策略与针灸生理病理调节作用的整体策略有机地结合在一起,以针灸效应基因和应答蛋白为靶标筛选起点,创立以针灸治疗为基础的靶标发现新策略。

哈佛大学马秋富教授通过敲除、沉默和激活交感神经节或肾上腺髓质中的神经肽 Y 细胞,发现低强度针刺“足三里”穴可激活“迷走神经—肾上腺神经肽 Y 髓质细胞”通路,抑制细菌脂多糖诱导的全

身性炎症反应。而高强度针刺“天枢”穴则通过激活投射到脾脏等免疫器官的神经肽 Y 外周交感神经元通路抑制炎症。可见针刺不同穴位能特异性激活、调节不同的神经通路。进一步的研究发现一类 PROKR2-Cre 标记的 A δ 类薄髓鞘的躯体感觉神经元介导了上述穴位特异性作用。当特异性地敲除 PROKR2 神经元后,低强度针刺“足三里”穴不能激活迷走神经依赖的抗炎通路,也无法抑制细菌脂多糖所诱发的炎症风暴。PROKR2 神经纤维激活能显著诱发迷走传出神经放电,并能以迷走神经依赖的方式诱导肾上腺释放儿茶酚胺类神经递质,抑制细菌脂多糖诱导的促炎细胞因子释放从而显著提高动物的存活率。这些研究揭示了体表穴位刺激诱发特定自主神经反射中的选择性和特异性的神经解剖学基础,同时也阐明部位特异的躯体刺激经由自主神经系统精准调控内脏及全身生理功能的机制,为临床优化针刺参数、诱发不同自主神经反射,从而为治疗特定疾病、提升治疗有效性和安全性提供了重要科学依据,成果分别发表于 *Nature*^[39] 和 *Neuron*^[40]。

总之,针刺治疗疾病的机制,首先应不脱离针刺作用的特点,以疾病模型为载体,紧密结合针刺的部位、刺激参数和效应,并通过正反两方面的验证,才能真正说清楚针刺治疗疾病的机制,以此揭示不同穴位的效应特征和机制。

5 针灸基础科学问题的凝练对本学科的支持和创新发展

经过近一个世纪的研究和不断的修正反思,我们明确了经络学说所揭示的人体体表与关联的内部器官特定联系及调控效应,穴位靶向特性和系统的神经—内分泌—免疫调控,通过不同的刺灸法激活不同的感受器和神经传入,发挥局部、靶器官和系统性的稳态调节,这是现代生命科学对针灸基础科学问题的凝练和升华,也为针灸学科在中西医结合领域中的发展奠定了坚实的科学基础。

针灸激活了人体内稳态的调控系统、通过机体的整合机制发挥纠偏效应而治疗疾病,可以说人体的各类调节都是针灸学未来创新发展的方向。不同的是,将古今先贤大量的针灸临床实践中所积累的经验事实,变成科学问题,探索生命调控的未知,是针灸学启发和引领未来医学发展的方向,需要针灸学科和多学科之间的切磋和融合,明确机体体表“位域”与各“镜像”靶器官系统的固有联系途径和

调控规律,创立和发展以针灸为代表的“体表医学”。

现代医学飞速发展,分子药、靶向药的研发,为解决重大疾病带来了福音,但也随之产生了药物耐受、脱靶及毒副作用等棘手问题。与药物治疗不同,针灸等体表刺激调动机体固有的“神经—内分泌—免疫”等多系统应答,通过多维度、多环节、多靶点的作用途径,实现对人体机能的自源性整体调节。正是因为针灸这一疗法治疗理念的特殊性,很多疾病早期求助于体表刺激治病方法,实现机体自稳态调整和修复,避免不必要的药物干预和过度医疗,将是未来健康医学的发展方向。

美国 NIH 自 2016 年起投资超过 20 亿美元(包括募集的商业基金)启动了刺激外周神经调控机体状态的 SPARC 计划^[41],旨在通过刺激外周神经精准调控靶器官,达到缓解、治疗内脏疾病的作用。这也是国际医学界对人体机能自源性调节、利用“电子药”替代化学药的一大尝试。

2019 年,国务院办公厅印发的《健康中国行动组织实施和考核方案》要求乡镇卫生院、社区卫生服务中心提供中医非药物疗法的比例达到 100%,村卫生室提供中医非药物疗法的比例达到 70%,这意味着针灸外治法(非药物疗法)这种“疗效独特、适用范围广、极少不良反应、成本相对低廉”的治疗方式将会在我国医疗卫生保健体系中发挥更大的作用。随着对针灸穴位本态特征、刺灸法作用感受器机制的理解,我们可以研发各种作用于体表的机械、电子、温度、光学的器具,也可研发化学和生物的各种皮肤刺激制剂,在医生指导下,既可在医疗部门,也可居家或在任何场所开展自我医疗保健活动。只有这样,以针灸为代表的体表医学理念才能在初级医疗保健以及大多数疾病的初期发挥主导和核心作用,避免过度医疗,减少日益高涨的医疗费用外,也减少药物的毒副作用,为健康中国做出应有的贡献。

参 考 文 献

- [1] 萧友山. 从皮肤通电抵抗所看到的经络形态(介绍中谷博士的“良导络”研究). *中医杂志*, 1958(2): 121—127.
- [2] Liu JL, Jing XH, Shi H, et al. Historical review about research on “bonghan system” in China. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM*, 2013, 2013: 636081.

- [3] 人民卫生出版社. 经络敏感人·经络感传现象研究资料集. 北京:人民卫生出版社, 1979.
- [4] 马超, 郑政, 谢益宽. 背最长肌反射性肌电活动的循经感传特性. 科学通报, 2000, 45(18): 1982—1988.
- [5] 朱兵, 荣培晶, 李宇清, 等. 循经感传和循经肌电反应. 中国科学(C辑: 生命科学), 2001, 31(5): 465—470.
- [6] 孙启新, 赵晏, 张世红, 等. 电刺激大鼠皮神经外周端对相邻脊髓节段皮神经内 A β 纤维的机械感受特性的影响. 生理学报, 2002, (06), 501—507.
- [7] 孟竟璧, 高惠合, 王佩, 等. 用同位素示踪法显示经络循行的初步研究. 针刺研究, 1987, 12(1): 77—81.
- [8] 刘俊岭, 王俊英, 陈淑萍, 等. 经穴/经脉—脏腑相关及其机制研究的进展. 针刺研究, 2010, 35(1): 71—77.
- [9] 胡翔龙, 吴宝华, 李文福, 等. 以皮肤阻抗为指标检测经络循行路线的初步报道. 针刺研究, 1987, 12(S1): 9—15, 8.
- [10] 胡翔龙, 吴宝华, 汪培清. 人体体表经脉循行路线的自然显示. 针刺研究, 1993, 18(2): 83—89, 169—170.
- [11] Zhang WB, Zhao Y, Kjell F. Understanding propagated sensation along meridians by volume transmission in peripheral tissue. Chinese Journal of Integrative Medicine, 2013, 19(5): 330—339.
- [12] Xu WY, Ma WT, Li KY, et al. A needle-electrochemical microsensor for *in vivo* measurement of the partial pressure of oxygen in acupuncture points. Sensors and Actuators B: Chemical, 2002, 86(2/3): 174—179.
- [13] Darras J, Vernejoul P, Albaredo P. Nuclear medicine and acupuncture: A study on the migration of radioactive tracers after injection at acupoints. Am J Acupunct, 1992, 20: 245—256.
- [14] Simon J, Guiraud G, Esquerre JP, et al. Acupuncture meridians demythified. Contribution of radiotracer methodology. Presse Medicale, 1988, 17(26): 1341—1344.
- [15] 何义杰, 田嘉禾, 陈英茂, 等. 应用 PET 研究示踪剂穴位注射后的经络走行空间定位. 中华核医学杂志, 2002, 22(3): 145—146.
- [16] Ma WT, Tong H, Xu WY, et al. Perivascular space: possible anatomical substrate for the meridian. Journal of Alternative and Complementary Medicine, 2003, 9(6): 851—859.
- [17] Ma WT, Liu SA, Liu N, et al. Activities of liquid crystals in acupuncture points. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 1998, 3(3): 366—368.
- [18] 马文涛. 经络的理化特性分析及其相关结构的解剖学与生理学研究. 武汉: 武汉大学, 2002.
- [19] 王德堃. 经络本能的探索——关于经络为一种低频机械波的实验报告. 自然杂志, 1980, 2(11): 5—7.
- [20] 蔡国平. 细胞外基质于经络. [2024-06-21]. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=IPFD&filename=SOAP200004001A18>.
- [21] 林先哲, 肖奕. 人体循经感传的形成机理. 云南中医学院学报, 1995, 18(3): 32—38.
- [22] 黄龙祥. 古代经络学说进入现代实验室前必须过“五关”. 科技导报, 2002, 20(2): 23—27.
- [23] 赵京生. 经脉系统的重构. 中国针灸, 2013, 33(12): 1099—1102.
- [24] 朱兵. 经脉循行与身体分节的对应. 针刺研究, 2021, 46(10): 815—820.
- [25] 岗卫娟, 巩昌镇, 景向红. 中西方针刺随机对照试验的比较研究. 中国针灸, 2022, 42(1): 3—7, 22.
- [26] 朱兵. 穴位敏化现象及其生物学意义. 中国针灸, 2019, 39(2): 115—121.
- [27] 朱兵. 论穴位与穴位特异性. 中国针灸, 2021, 41(9): 943—950.
- [28] Chen LZ, Kan Y, Zhang ZY, et al. Neuropeptide initiated mast cell activation by transcutaneous electrical acupoint stimulation of acupoint LI4 in rats. Scientific Reports, 2018, 8(1): 13921.
- [29] Zhang XN, He W, Wan HY, et al. Electroacupuncture and moxibustion-like stimulation activate the cutaneous and systemic hypothalamic-pituitary-adrenal axes in the rat. Acupuncture in Medicine: Journal of the British Medical Acupuncture Society, 2022, 40(3): 232—240.
- [30] 阚宇, 张晓宁, 于清泉, 等. 艾灸干预促进创伤大鼠伤口愈合的机制研究. 针刺研究, 2019, 44(5): 352—357.
- [31] 朱兵, 荣培晶, 贲卉, 等. 针刺镇痛的节段性机制与全身性机制研究. 针刺研究, 2007, 32(3): 144.
- [32] 张知云, 万红叶, 宿杨帅, 等. 膻穴调节炎症反应的效应特征与神经免疫调控. 针刺研究, 2023, 1—8.
- [33] Davis RT, Churchill DL, Badger GJ, et al. A new method for quantifying the needling component of acupuncture treatments. Acupuncture in Medicine: Journal of the British Medical Acupuncture Society, 2012, 30(2): 113—119.
- [34] Xin JJ, Su YS, Yang ZK, et al. Distinct roles of ASIC3 and TRPV1 receptors in electroacupuncture-induced segmental and systemic analgesia. Frontiers of Medicine, 2016, 10(4): 465—472.
- [35] Su YS, He W, Wang C, et al. “Intensity-response” effects of electroacupuncture on gastric motility and its underlying peripheral neural mechanism. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM, 2013, 2013: 535742.
- [36] Liu K, Zhu B. Significance of pleasant touch and state-of-the-art neuroscience technologies in acupuncture research. Acupuncture and Herbal Medicine, 2023, 3(1): 55—58.
- [37] 熊婕, 雷蕾, 李海燕, 等. 基于文献大数据的穴位刺激效应可视化平台的构建. 世界科学技术-中医药现代化, 2020, 6(11): 4017—4024.

- [38] Yin LM, Xu YD, Peng LL, et al. Transgelin-2 as a therapeutic target for asthmatic pulmonary resistance. *Science Translational Medicine*, 2018, 10(427): eaam8604.
- [39] Liu SB, Wang ZF, Su YS, et al. A neuroanatomical basis for electroacupuncture to drive the vagal-adrenal axis. *Nature*, 2021, 598(7882): 641—645.
- [40] Liu SB, Wang ZF, Su YS, et al. Somatotopic organization and intensity dependence in driving distinct NPY-expressing sympathetic pathways by electroacupuncture. *Neuron*, 2020, 108(3): 436—450. e7.
- [41] 王晓宇, 于清泉, 何伟, 等. 从“分子药”到“电子药”: SPARC 计划和针刺研究. *针刺研究*, 2019, 44(3): 157—160, 175.

Review and Analysis of Fundamental Scientific Questions of Acupuncture and Moxibustion by Modern Scientific Approach

Xianghong Jing* Bing Zhu

Institute of Acupuncture and Moxibustion, China Academy of Chinese Medical Science, Beijing 100700

Abstract The essential scientific questions supporting the discipline of acupuncture and moxibustion include meridians, acupoints, needle manipulation and the mechanism of acupuncture and moxibustion in treating disease. Over the past century, scientists from multi-disciplines have explored and probed these scientific issues and drawn some valuable conclusions by adopting modern scientific research methods. The core of the meridian theory is primarily underpinned by the specific connection between the body surface and related internal organs and the regulatory effects by stimulating the acupoints. The effect of acupoint has its local, targeting and systematic characteristics attributable to neuro-endocrine-immune homeostasis regulation, which can be enabled by activating different receptors and nerve afferents using various manipulation of acupuncture and moxibustion. Those are the prominent results of the basic science of acupuncture and moxibustion by modern life science approaches, laying a solid foundation for the development of acupuncture and moxibustion. In the future, the research on basic scientific issues of acupuncture and moxibustion should be based on valuable empirical facts in clinical practice, combined with acupuncture point location, stimulation, body state and effects to explore its regulating effects and underlying mechanisms. At the same time, the regulation of human body homeostasis associated with acupuncture may provide valuable information and guidance for the development of life and health science in the future.

Keywords modern science; science of acupuncture and moxibustion; meridians and acupoints; fundamental scientific questions

(责任编辑 陈磊 张强)

* Corresponding Author, Email: jxhtjb@263.net