☆思路与方法☆

结构经络向功能经络的范式转变——兼论“脑摄经络”假说

张树剑[1]，荣培晶[2]
（[1]山东中医药大学中医文献与文化研究院，济南 250355；[2]中国中医科学院针灸研究所，北京 100700）

【摘 要】 科学家迄今未能找到教科书中描述的独立于已知解剖组织的“经络”，从而遭遇经络实质研究的困境。不过，在长期的相关研究中获得了极有价值的生命科学发现，尤其是脑科学的发展赋予了经络理论新的内涵。这些新知识与传统的经络知识共同构成了现代经络理论。由此，作者提出“脑摄经络”假说，认为经络研究的学术主旨应该由寻找经络结构转向探索经络功能，而经络功能的研究可以借助脑科学/脑功能研究来实现。

【关键词】 结构经络；功能经络；“脑摄经络”；范式转移
【中图分类号】R224 【文献标志码】A 【DOI】10.13702/j.1000-0607.20220824

Paradigm transformation from structural meridians to functional meridians: a hypothesis of “the brain controls the meridians”

ZHANG Shu-jian[1], RONG Pei-jing[2] ([1]Institute of Chinese Medical Literature and Culture, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; [2]Institute of Acupuncture and Moxibustion, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700)

【ABSTRACT】 The “meridian” is the core concept of acupuncture medicine. It can be said that almost all the theories and clinical practice of acupuncture and moxibustion in traditional Chinese medicine are based on this concept. However, up to now, scientists have failed in finding the “meridian” described in Chinese classic textbooks and fall into the dilemma of the meridian essence research. In fact, the meridian is independent of currently known anatomical tissues. Nevertheless, researches obtained highly valuable outcomes of life science through long-term studies, especially the cerebral science endowed the meridian theory with new connotations. The modern meridian theory is composed of new knowledge and traditional meridian knowledge. In the present paper, we put forward a new hypothesis that “the brain controls the meridians”, and a new academic paradigm, that is, the meridians research should turn from looking for the structure of meridian to exploring the functions of meridian, which can be realized with the help of brain function.

【KEYWORDS】 Structural meridians; Functional meridians; “The brain controls meridians”; Hypothesis

“经络”是针灸学的核心概念，可以说几乎所有的中医针灸理论与实践都建立在这一概念之上。经络在《内经》中提出，本是一个生理组织的概念，然而，今天我们熟知的经络理论，似乎与组织结构有些貌合神离。回顾20世纪中叶以来，我们对经络的科学研究似乎走入了一个困境，一方面认同经络是一组有着具体结构实质的生理组织，不断地进行经络实质的研究；另一方面又不认同经络是目前所见的某种解剖结构如神经、血管，从而提出一些假说用以解释“经络现象”。经络成为一只“薛定谔的猫”，存在又不存在。

在实验室中从事经络研究的科学家大多是以教科书中的经络理论为基础从事研究，而教科书中的经络理论是重新构建过的理论，与《内经》有很大的差异，在经络的结构描述上有些模棱两可，在此理论指导下的经络研究难免困难重重。不过，科学家的工作也非无功，在对经络的研究过程中有了诸多新的发现，这些将是经络理论重新构建的重要基础，尤其是对于脑与经络相关的研究，其成果可以说辟开一路新径。由此出发，如果能够主动扬弃固化的以结构为基础的经络，纳古今理论为一炉，或可以重新构建一组以功能为中心的经络理论。

项目来源：国家重点研发计划“中医药现代化研究”重点专项（No.2022YFC3500500、2022YFC3500505）
第一作者：张树剑，教授，研究方向：针灸学术理论。E-mail：njrb@163.com
通信作者：荣培晶，研究员，研究方向：针灸效应机制。E-mail：drrongpj@163.com

1　经络结构实质研究的困境

回顾之前的经络研究，一个重要的方向就是对实体结构的探索，其中比较令人瞩目的是对经络客观存在证据的寻找与经络现象的研究。科学家在寻求经络体表轨迹和循经感传客观证据的过程中，应用生物物理学方法在经络循行线上探测到了与周围非经脉处不同的特性，包括经脉的电学特性、声传导特性、热学特性、光学特性、磁学特性、同位素循经迁移现象及循经的肌电反应等[1-3]。显然，这些特性本身就是身体体表特定组织的生理表现，与教科书中的“经络”本可无关，只是科学家在寻找“经络”的过程中发现，所以往往将这些发现认为是“经络存在”的证据。经络现象，是指机体由于某种原因引起的，沿古典经脉循行路线出现的各种生理、病理现象，包括循经感传、循经皮肤病、循经性神经血管反应、循经感觉障碍或皮肤显痕等现象[4-7]。1977 年在合肥举办的第二次全国经络感传经验交流座谈会提出经络研究应遵循“肯定现象，掌握规律，提高疗效，阐明本质”的思路[8-9]。虽然“经络现象”被“肯定”，但是“现象”存在是否代表这些现象的结构基础是教科书中的“经络”，尚不能下此结论。不过，鉴于经络循行线路已经在针灸学界成为共知的认识，用“经络现象”表达这些生理病理现象也无不可。

以上相关研究有一个前置观念就是人体存在某种未被发现的结构——“经络”，如果经络等同于血管或者神经，那就没有探究其实质的意义了。之所以科学家不约而同地持有机体存在一种独立于循环与神经系统的“经络”系统的观念，大概出于两个原因。一是对于古籍与教科书的遵从，经络循行的概念经由《灵枢·经脉》篇开始，被历史文献记录与发挥，并被写入教科书，这一概念的确已经根深蒂固；二是确切的针灸临床疗效，成为经络理论合理性的重要支持，也被许多人认为是经络存在的“证据”。不过，这两点原因并不是经络存在结构实质的充分条件，科学家之所以曾经对经络的结构实质存在执着的观点，主要是被一种经络存在的先验理念所支配，经常是不假思索地去找寻“经络”。

科学家经过多年研究形成的对经络实质的看法大体上有以下 3 种：①经络是以神经系统为主要基础，包括血管、淋巴系统等已知结构的人体功能综合调节系统；②经络是独立于神经、血管、淋巴系统等已知结构之外，但又与之密切相关的另一个功能调节系统；③经络可能是既包括已知结构，也包括未知结构的综合功能调节系统。当然，以上每一种假说都未形成共识，轰轰烈烈地开始，未免不太理直气壮地结束，最终也避免不了陷入循环论证的窠臼，最后也未能找到那个高度理论化的“经络”。事实上，《内经》中的经络本身就是古人对血管神经组织的观察，不过掺杂了想象与理论化的建构，而构造出的一个“循行”系统。将这个理论建构的经络视为某种有结构实质的经络进行研究，是之前的科学家所走的一条迷茫之途。

2　经络研究中的生命科学发现

对经络结构的探索研究中虽然没有发现“经络”，但却获得了一系列新颖的生命科学发现。如 20 世纪 60 年代颇具争议的“金凤汉”事件，虽然科学界最后定论为金凤汉未能发现与经络或穴位相对应的组织结构，但是 2005 年又有科学家重提“凤汉系统”，提出在动物体内新发现的线形结构及连接它的小体样结构可以被称为原始管（primo-vessel，PVs）和原始结（primo-mode），统称为 PVs 系统[10]。又如，筋膜结缔组织的功能研究也与经络观念的启发有关，部分学者用数字解剖技术三维重建研究观察到肢体部分有筋膜结缔组织，其走行方向与古典经络相似[11]。此类研究虽然并没有找到“经络”，但是作为解剖结构方面的成果，无论是 PVs 还是筋膜结缔组织的研究，都是在寻找经络结构研究过程中具有开拓性的，可以认为是宽泛的“经络研究”。此外，科学家在循经感传现象的研究中，发现了循经皮肤病，发现了体表部分区域存在低电阻特性，提出了“经络-皮层-内脏相关”的假说等，这是实实在在的生物物理学成果[12]。在寻找经络结构无果后，科学家开始逐渐转向于对经络功能的研究，其关注点由经络感传、循行路线检测转向于“基于临床”的研究，提出“体表特异性联系”“经穴-脏腑相关”等术语。较早提出“经穴-脏腑相关”这一命题的是中医研究院针灸经络研究所感传组，他们于 1977 年发表文章，注意到一例经络敏感人当感传现象出现时，其肠鸣音有亢进现象，由此得到启发，提出“大量针灸临床实践和基础研究提供的事实说明，经穴-脏腑器官存在某种相互联系”[13]。

“经穴-脏腑相关”的提出，是对经络本质化认识的一个突破，由关注经络循行的路线转向于关注两端，一端是刺激部位，一端是效应部位，某种程度上经络成为理论解释。在“经穴-脏腑相关”思想的启发下，科学家作了深入的研究，较有代表性的项目有：“基于临床的经穴特异性研究”（2006 年国家重点基础研究发展计划项目，梁繁荣主持）、“经脉体表特异性联系的生物学机制及针刺手法量效关系的研

究”(2009年国家重点基础研究发展计划项目,许能贵主持)、“经皮颅-耳电刺激‘调枢启神’抗抑郁临床方案优化及效应机制研究”(2018年国家重点基础研究发展计划“中医药现代化研究”重点专项,荣培晶主持),等等。这些研究取得了一系列成果。此外,严洁主持的项目“足阳明胃经与胃相关规律的研究”获得了国家中医药管理局中医药基础研究三等奖;吕国蔚等提出了穴位的神经传导特点,并发现了新的脊髓传导通路等[14]。

这些成果均是从经络的研究中生发出来,其中“经穴-脏腑相关”的研究是科学家从寻找经络结构实质转向经络功能研究的标志。作为一段时间以来以僵化的经络循行路线作为基础寻求实体的研究路径的一种调整,某种程度上是一种对经络问题的反本质主义的自觉,也是历经曲折之后,针灸科学家为经络理论的现代重构做出的理论准备。虽然经络功能实质的研究某种程度上背离了《内经》原本的经络结构理论,但却对《内经》中经络“内属腑脏,外络肢节”的功能表达提出了一种现代解释。

3 “脑摄经络”假说的可能

在对经络的一系列研究与发现中,有一个趋于一致的指向是,无论对经络结构实质的探求还是对其功能的研究,都与神经系统有关,最受瞩目的还是“经穴-脏腑相关”的研究。在以心脏、胃肠以及盆腔作为靶向的针刺调节的研究中,涉及了多种神经通路。朱兵研究组的研究发现,心经穴位与心脏存在一定数量的双标记神经元,表明两者之间存在形态学上的相关性[15]。他们还围绕针刺对胃肠功能的调节规律及机制作了一系列研究[16],观察到针刺不同部位的穴位对胃蠕动的影响不同:针刺腹部及背部的穴位可增加胃交感神经的传出活动,这一效应在脊髓节段即可完成;而针刺上胸部、头面部和四肢穴位可增强胃迷走神经的活动,这一效应需要脊髓上神经环路的参与。在针刺对泌尿系统功能调节的研究中,提示外周神经的传入和脊髓节段性的反射参与了这一过程。以上研究提示,体表刺激调节内脏功能是以节段性的、节段间的和全身性(脊髓上)机制为基础。在“经穴-脏腑相关”研究的基础上,朱兵提出针灸作为“体表医学”的概念,这是对于经络结构认识的进一步扬弃,提出皮肤及皮神经、内分泌、免疫系统之间存在着广泛交互作用的生物学网络体系,建立了完备的皮-脑轴(skin-brain axis,SB)概念[17]。同时提出,针灸可以调节穴位局部下丘脑-垂体-肾上腺轴和下丘脑-垂体-卵巢轴释放激素、神经递质和细胞因子,同时激活中枢神经内分泌免疫网络,调节靶器官,完成针灸效应的多靶点、多环节的稳态调节[18]。

对于耳穴-迷走神经刺激对内脏功能调节的研究则提示了另一通路。有研究者观察到迷走神经耳支能直接与迷走神经感觉核——孤束核进行纤维投射,为耳-迷走神经联系奠定了形态学基础[19]。另有研究表明,针刺耳甲区降低动物血压作用与迷走神经结构和功能的完整性相关[20],针刺耳穴“心”主要通过激活孤束核压力感受神经元调节心血管功能[21]。荣培晶课题组根据“耳为宗脉之所聚”的中医理论,结合现代神经科学原理,创新提出“脑病耳治”新思路[22],并运用功能核磁共振技术研究针刺脑效应,凝练出针刺的显著特点是调节边缘叶-旁边缘叶-新皮层脑功能网络假说[23]。

此外,科学家近年注重针灸敏化穴位效应的中枢机制研究[24-25]。在内脏病变时,相关穴区局部的理化特性会随之发生改变,产生神经源性的炎性反应,形成“敏化池”[26]。此时,穴位被疾病“唤醒”,即从正常的“静息态”转变为疾病时的“敏化态”,穴位区域范围增大,其反映和治疗疾病的功能增强。针灸敏化穴位改善疾病的机制,除脊髓层面,还源于部分中枢神经元的特定响应作用[27]。初步研究发现,电针敏化穴位可先后激活脊髓背角浅层神经元和迷走神经背核中的乙酰胆碱转移酶阳性神经元,从而引起迷走神经传出活动,这可能介导了电针对结肠炎性反应的缓解作用[28]。

经络结构与功能的研究不约而同地指向神经系统,这是现代经络研究的一个特征。脑科学是人类了解自然和人类本身的“终极疆域”,近年来随着脑成像、生物传感、人机交互和大数据等技术的不断创新,脑科学已成为多学科交叉的重要前沿领域和各国科技战略的重点。在经络实质研究方面出现与脑功能研究大面积重合的领域,一方面是经络本身的理论与相关现象容易令人产生勾连,一方面是神经科学本身的快速进展令人瞩目。从神经科学角度对经络的研究虽然未能揭示“经络是什么”这一问题,但是却在体表医学、“经穴-脏腑相关”、耳-迷走神经通路等领域有了颇多创见,如果不戴“经络研究”这顶帽子,以上的成果完全可以视为纯粹的生命科学研究。不过,这些成果均是在经络研究为旨意的框架下取得的,所以学界还是将其视为经络研究的成果。

在生理学研究成果不断丰富的态势下,经络本身的“实体”存在与否似乎并不是很重要了,科学家

有时候在有意无意地回避这个问题。不过，如果一味地回避经络实质的讨论，可能会走向“去经络化”的科学研究，那么就会离开研究的起点。如此，不仅针灸学本身的理论基础会遭遇挑战，而且在经络研究的路途取得的一系列成果将会因为这一挑战而削弱进一步探索的动力，许多重要的发现或许因此而延迟到来。经络研究的历史也证明，在经络理论的框架下的一系列研究的确会取得大量有价值的成果，科学研究往往一经出发，未来的道路往往不是预先能够想到的。

既然不能完全回避经络实质，有一个比较妥协的方案，就是借鉴脏腑理论的解释方式，避开“结构实质”的说法，将经络视为功能实体，构建新的经络学说。当前对于经络功能的研究大多是基于神经科学的，所以，笔者提出“脑摄经络”的假说，亦即经络的功能借助于神经系统的功能来实现（此处“脑”的概念比较宽泛，可以外延到神经系统）。这一假说的提出，其实是将神经科学的研究纳入到经络理论中来，放弃经络结构实质的寻找，着眼于经络的功能实质研究。当然，此处并非是离开结构讨论功能，只是将由经络研究启发的脑（神经系统）的研究视为经络的功能研究，亦可连接《内经》经络“内属脏腑，外络肢节”的理论。提出“脑摄经络”假说的目的之一也是为了弥合古今经络认识的分歧，将脑（神经）的一部分功能赋予“经络”承载。这一学说的提出也是经络理论研究与实验研究相互靠近的一种方案，令理论家与科学家的工作可以更好地相互理解。

4　结构经络向功能经络的范式转变

从知识论出发，知识本身就是可变的、生成的与流动的，而知识在某种“范式”下被解谜、接受与应用，就属于某种“常规科学”。这里借用了科学哲学家托马斯·库恩[29]的科学革命的观点，如果常规科学无法被解谜或证明，则会遭遇反常与危机，继而发生革命，形成新的常规科学，发生“范式”的转移。“科学革命的结构”一词目前已经成为常用词，据其理论，科学只是在一个科学共同体内部共识的某一知识类型或者某一范式。经络学的知识也是在不断地变化的，固守“经络”为某一种独立于已知组织的另外一种结构这一观念如果无法被解谜，在大多数针灸科学家能够达成共识的情况下，放弃这一寻找经络结构的思路，而转向于经络功能探求的思路，是一种科学范式的转移。

事实上，经络知识经历了多次范式转移。《内经》是比较朴素的早期医学著作，其生理内容大多是基于观察的，经络的形态学基础大约是条索状的神经与血管组织。不过，《内经》中的经络理论是加入了人为想象的，并非完全是观察所见，这一以观察为基础，掺杂想象的理论即是古典经络理论。而现代教科书全盘接受了《内经》中经络的循行描记，将经络视为某种组织结构，但又无法证明，而成为“薛定谔的猫”。而加入了现代生理学研究的经络理论则是一种现代知识系统，强调了经络的功能实质。现代经络理论的建立，其研究范式面临又一次转移，原先的探索经络结构实质的范式在经历“反常”与“危机”之后，进而转向研究经络的功能实质，这一范式的重要基础就是脑科学的介入。

经络研究与脑科学嫁接，由此发现的生理功能作为以“经络”为指引的研究成果，为生命科学领域的开拓做出了可圈可点的贡献，而以脑（神经）科学作为基础的功能经络理论，将成为现代针灸理论的核心要义，即“脑摄经络”。“脑摄经络”不是“脑摄神经”，此处经络是功能意义上的概念，强调经络的功能由脑（神经）实现。由此，脑科学借助经络理论的启发，可以在新的方向上获得发现。而对于经络理论而言，获得脑科学的支持，将会丰富其理论内涵，形成更为立体的现代经络理论形态。

至于经络的结构实质，在《内经》中，古人大概主要指的是血管，而在今天的科学家眼中，或主要是指代神经组织。不同时期不同人群中对一个概念的认识原本不同。所以，“薛定谔的猫”依然在那儿，从结构而言，或有或无，但是从功能而言，却可以利用这一思想实验，成为科学发展的重要理论资源。经络，是在针灸科学共同体凝视之下的一个共同认识，在不断地丰富其内容的同时，也在不断地发生理论演变，这一观点本身就是对知识自身的偶然性、差异性的捍卫。科学家的经络研究与文献学者的经络理论之间原本有一个很大的裂隙，如果承认经络理论的范式之别，这一裂隙或许会有消弭的可能。

参考文献

[1] 刘俊岭，陈振荣. “九五”国家攀登计划预选项目“经络的研究”进展[J]. 针刺研究，2002，27(3)：230-237.
LIU J L, CHEN Z R. Advances in the research on meridians: one of the preliminarily-selected items of the state scaling program in "the 9 th five-years period" (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 2002, 27(3): 230-237.

[2] 刘芳，黄光英. 经络的生物物理学、化学特性的研究进展[J]. 针刺研究，2007，32(4)：281-284.
LIU F, HUANG G Y. Advances of studies on the biophysical and biochemical properties of meridians (in Chinese)[J].

Acupuncture Research, 2007, 32(4): 281-284.

[3] 祝总骧，于书庄，张如心，等. 隐性循经感传线皮肤导电性的研究[J]. 针刺研究，1980,5(4)：308-310.
ZHU Z X, YU S Z, ZHANG R X, et al. A study on the skin electrical conductance of the line of latent propagated sensation along channel (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 1980, 5(4): 308-310.

[4] 朱兵，荣培晶，李宇清，等. 循经感传和循经肌电反应[J]. 中国科学(C辑:生命科学)，2001,31(5)：465-470.
ZHU B, RONG P J, LI Y Q, et al. Sensory transmission along meridian and EMG response along meridian (in Chinese)[J]. Science in China, SerC, 2001, 31(5): 465-470.

[5] 丁光宏，杨静，陈尔瑜，等. 人体组织液定向流动与经络[J]. 自然科学进展，2001,11(8)：811-818.
DING G H, YANG J, CHEN E Y, et al. Directional flow of human interstitial fluid and meridians (in Chinese)[J]. Progress in natural science, 2001, 11(8): 811-818.

[6] 祝总骧，徐瑞民. 中国经络科学的现代化研究[J]. 世界科学技术，2000,2(5)：23-26.
ZHU Z X, XU R M. Modern study on traditional Chinese science of meridian (in Chinese)[J]. World Science and Technology, 2000, 2(5): 23-26.

[7] 胡翔龙. 循经感传现象研究的现状和问题[J]. 针刺研究，1981,6(3)：161-171.
HU X L. Current situation and problems awaiting solution in psc research (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 1981, 6(3): 161-171.

[8] 刘澄中. 季钟朴学术思想与中国的经络研究:“以辩证唯物论指导中西医结合”一文读后感[J]. 医学与哲学，1999,20(6)：3-6.
LIU C Z. Ji Zhongpu's academic thought and channel research in China (in Chinese)[J]. Medicine and Philosophy, 1999, 20(6): 3-6.

[9] 第二次全国经络感传经验交流座谈会资料组. 一年来经络感传现象研究的概况[J]. 针刺研究，1977,2(S1)：31-44.
Information Group of the Second National Symposium on Experience Exchange of Propagated Sensation Along Meridians. Overview of the research on the propagated sensation along meridians in the past year (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 1977, 2(S1): 31-44.

[10] 朱兵，李江慧. 又现“金凤汉”[J]. 湖北中医学院学报，2009，11(2)：3-10.
ZHU B, LI J H. “Kim Bong-han” is coming again? (in Chinese)[J]. Journal of Hubei University of Chinese Medicine, 2009(2): 3-10.

[11] 王春雷，原林，王军，等. 人体筋膜重建经线与经典经线走行路线对比[J]. 解剖学杂志，2007,30(3)：340-343.
WANG C L, YUAN L, WANG J, et al. Contrast study on the line course of fascia meridians made by three dimensional reconstruction and classical meridians in human body (in Chinese)[J]. Chinese Journal of Anatomy, 2007, 30(3): 340-343.

[12] 张锡钧，谢益宽，文允镒，等. 经络—皮层—内脏相关假说的进一步探讨[J]. 中西医结合杂志，1983,3(5)：264-267.
ZHANG X J, XIE Y K, WEN Y Y, et al. Further investigation on the hypothesis of meridian-cortex-viscera interrelationship (in Chinese)[J]. Chinese Journal of Integrated Traditional and Western Medicine, 1983, 3(5): 264-267.

[13] 中医研究院针灸经络研究所感传组. “经穴-脏腑相关”的探讨:Ⅰ、经络敏感人肠鸣音初步观察报告[J]. 针刺研究，1977,2(S1)：70-71.
Propagated Sensation Group, Acupuncture Institute of China Academy of Chinese Medical Science. Discussion on the acupoint-viscera correlation: I. preliminary observation report of bowel sounds in people with sensitive meridians (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 1977,2 (S1): 70-71.

[14] 吕国蔚. 穴位与经穴脏腑相关的现代研究[Z]. 北京:首都医科大学宣武医院，2010.
LÜ G W. Modern study on acupoints and acupoint-viscera correlation (in Chinese)[Z]. Beijing: Xuanwu Hospital Capital Medical University, 2010.

[15] 荣培晶，朱兵. 心经经脉与心脏相关联系的形态学研究[J]. 针刺研究，2005,30(2)：97-101.
RONG P J, ZHU B. Morphological study on the relationship between heart meridian and heart (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 2005, 30(2): 97-101.

[16] ZHU B, RONG P J, LI Y Q, et al. Acupoints-stimulated effective regularity and its mechanisms[J]. World J Acupunct-Moxibust, 2009, 19(1): 6-10.

[17] 朱兵，荣培晶，高昕妍，等. 针灸:本能的治愈医学[J]. 科技导报，2016，34(17)：94-98.
ZHU B, RONG P J, GAO X Y, et al. Acupuncture: instinctive curing medical (in Chinese)[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(17): 94-98.

[18] 朱兵. 穴位的效应特征:广谱性和特异性[J]. 针刺研究，2016，41(5)：388.
ZHU B. Effect characteristics of acupoints: broad spectrum and specificity (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 2016, 41(5): 388.

[19] 梅志刚，朱兵，何伟，等. 耳针作用的形态学基础—来自HRP神经示踪法的证据[J]. 时珍国医国药，2009，20(11)：2675-2677.
MEI Z G, ZHU B, HE W, et al. Morphological basis of auricular acupuncture effects: evidences from neural tracer method of HRP (in Chinese)[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(11): 2675-2677.

[20] 高昕妍，李艳华，朱兵，等. 针刺耳甲区对自发性高血压及正常大鼠血压的影响及其机理探讨[J]. 针刺研究，2006，30(2)：90-95.
GAO X Y, LI Y H, ZHU B, et al. Effect of acupuncture of auricular concha area on blood pressure in spontaneous hypertension and normal rats and analysis on its mechanism (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 2006, 31(2): 90-95.

[21] 刘坤，李亮，贲卉，等. 电针大鼠耳穴“心”等对孤束核升压反射相关神经元电活动的影响[J]. 针刺研究，2012，37(3)：211-217.

LIU K, LI L, BEN H, et al. Effect of electroacupuncture on electrical activities of pressor reflex related neurons in the nucleus of tractus solitarii (NTS) in rats (in Chinese)[J]. Acupuncture Research, 2012, 37(3): 211-217.

[22] 李少源，荣培晶，张悦，等. 基于耳穴迷走神经电刺激技术的“脑病耳治”思路与临床应用[J]. 中医杂志，2020，61(24)：2154-2158.
LI S Y, RONG P J, ZHANG Y, et al. Ideas of “treating encephalopathy with ear therapy” based on the auricular point vagus nerve electrical stimulation technique and its clinical application (in Chinese)[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020, 61(24): 2154-2158.

[23] 荣培晶，方继良，俞裕天，等. 基于针灸脑科学的神经调控技术研究进展[J]. 科技导报，2017，35(11)：77-84.
RONG P J, FANG J L, YU Y T, et al. Overview of the neuromodulation technique based on acupuncture brain science (in Chinese)[J]. Science & Technology Review, 2017, 35(11): 77-84.

[24] 李亮，荣培晶，罗曼，等. 内脏伤害性传入易化体表穴区功能的中枢机制[J]. 中国针灸，2015，35(11)：1187-1191.
LI L, RONG P J, LUO M, et al. The central mechanisms underlying the phenomenon of acupoint sensitization evoked by visceral nociceptive afferent (in Chinese)[J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2015, 35(11): 1187-1191.

[25] 荣培晶，李霞，李亮，等. 延髓背柱核在穴位敏化现象中的作用[J]. 世界中医药，2013，8(3)：249-254.
RONG P J, LI X, LI L, et al. Mechanism of dorsal column nuclei in acupoint sensitization phenomena (in Chinese)[J]. World Chinese Medicine, 2013, 8(3): 249-254.

[26] 何伟，吴美玲，景向红，等. 穴位的本态：穴位组织细胞化学的动态变化[J]. 中国针灸，2015，35(11)：1181-1186.
HE W, WU M L, JING X H, et al. Entity of acupoint: kinetic changes of acupoints in histocytochemistry (in Chinese)[J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2015, 35(11): 1181-1186.

[27] 斯琴高娃，牟秋杰，汉德尔玛，等. 腧穴敏化特性与调控机制研究[J]. 针灸临床杂志，2019，35(8)：4-8.
T TSETSENGOO, MOU Q J, B KHANDARMAA, et al. Research on speciality and regulation mechanism of acupoint sensitization (in Chinese)[J]. Journal of Clinical Acupuncture and Moxibustion, 2019, 35(8): 4-8.

[28] 于清泉，李桐，张知云，等. 电针敏化穴位激活迷走神经运动背核胆碱能神经元改善大鼠结肠炎性损伤[J]. 中国针灸，2021，41(1)：45-51.
YU Q Q, LI T, ZHANG Z Y, et al. Improvement in colonic inflammatory injury in rats via activating dorsal cholinergic neurons of vagus with electroacupuncture at sensitized acupoints (in Chinese)[J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2021, 41(1): 45-51.

[29] KUHN T S. 科学革命的结构[M]. 金吾伦，胡新和，译. 北京：北京大学出版社，2003.
KUHN T S. The structure of scientific revolutions (in Chinese, Translated by JIN W L and HU X H)[M]. Beijing: Peking University Press, 2003.

收稿日期：2022-07-21　修回日期：2022-07-29
网络首发：2022-09-01　编辑：李天娇