

☆ 述 评 ☆

# 针灸效应的外周-中枢机制:神经免疫与脏器功能调控

高昕妍

(中国中医科学院针灸研究所, 北京 100700)

【摘要】 针灸作为非药物疗法的典型代表,通过激活外周神经系统调控中枢功能,已成为神经调控领域的前沿热点。本文围绕针灸效应的外周-中枢机制,从神经-免疫抗炎、靶器官功能调控、“一穴多脏”干预共病3个维度,系统梳理针灸研究与现代生命科学交叉前沿进展,以剖析关键问题、阐明学术观点、引发思考与讨论。1)在明确针刺激活脑干迷走-肾上腺、脊髓交感-脾脏等自主神经通路发挥抗炎作用基础上,解析部分迷走神经可以穿行和通过侧支与腹腔神经节儿茶酚胺能神经元形成突触结构而非换元,厘清儿茶酚胺能抗炎、胆碱能抗炎与交感/副交感、迷走神经通路的层级关系,关注炎性微环境中去甲肾上腺素浓度依赖性受体亲和力与针刺效应的关系。2)揭示针刺通过不同水平交感-副交感系统再平衡过程调节机体和内脏器官稳态,指出病理状态下组织细胞及受体失响应产生的“脱靶”是影响针刺效应“最后一公里”的关键因素。3)以脊髓固有结构等介导不同内脏传入信息会聚及盆骶器官交互敏化发生共病为例,为针刺跨节段和同节段“一穴多脏”“多穴一脏”效应提供可能解释。综上,本文旨在明确针灸通过外周-中枢自主神经不同途径和水平调控机体稳态,通过4个方面的思考与启发对现有研究进行评述以碰撞思路。

【关键词】 针灸;外周-中枢;神经-免疫调节;自主神经平衡;一穴多脏

## The peripheral-central mechanism of acupuncture effects: neuroimmunology and regulation of organ function

Gao Xinyan (Institute of Acupuncture and Moxibustion, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

【ABSTRACT】 Acupuncture, as a typical representative of non-drug therapy, regulates central functions by activating the peripheral nervous system, and has become a leading hotspot in the field of neuromodulation. Focusing on the peripheral-cerebral mechanism of acupuncture effects, this article systematically reviews the cutting-edge interdisciplinary advancements in acupuncture research and modern life sciences from 3 dimensions: neuro-immune anti-inflammatory actions, target organ function regulation, and “one acupoint affecting multiple organs” intervention for comorbidities. To analyze the key issues, clarify academic viewpoints, and trigger thoughts and discussions, the following are the main points: 1) Based on the established understanding that acupuncture stimulation activates autonomic nerve pathways such as the brainstem vagus-adrenal and spinal cord sympathetic-splenic axes, to exert anti-inflammatory effects, it has also been revealed that some vagus nerves can directly traverse and form synaptic connections with catecholaminergic neurons in the celiac ganglion via collateral branches, rather than relaying through relay neurons. It further seeks to clarify the hierarchical relationship among the catecholamine anti-inflammatory, cholinergic anti-inflammatory, sympathetic/parasympathetic nerve pathways, particularly paying attention to the relationship between the concentration-dependent receptor affinity of norepinephrine in the inflammatory microenvironment and its association with acupuncture effects. 2) Current researches have demonstrated that acupuncture regulates the homeostasis of the body and internal organs by rebalancing the sympathetic-parasympathetic system at multiple levels, identifying the “off-target” phenomenon caused by the loss of response of tissue cells and

【DOI】 10.13702/j.1000-0607.20260667

引用格式:高昕妍. 针灸效应的外周-中枢机制:神经免疫与脏器功能调控[J]. 针刺研究, 2026, 51(10):1269-1281.

项目来源:国家自然科学基金项目(No.82330127);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(No.ZZCZ2025-017);中国中医科学院科技创新工程项目(No.CIZJ2025015)

通信作者:高昕妍, E-mail: gaoxy@mail.cintcm.ac.cn

receptors under pathological conditions is a key factor affecting the “last mile” of the acupuncture effect. 3) Taking the convergence of different visceral input information mediated by the intrinsic structures of the spinal cord, as well as the occurrence of comorbidity in the interactive sensitization of the pelvic and sacral organs as an example, results of modern research have provided possible explanations for the cross-segment’s and same-segment’s “one acupoint affecting multiple organs” and “multiple acupoints affecting one organ” effects of acupuncture. In summary, this article aims to clarify how acupuncture regulates the body’s homeostasis through different peripheral-cerebral autonomic nervous pathways and levels, and offers a review of existing research through 4 dimensions of thinking and inspiration to stimulate new insights and foster intellectual exchange.

**【KEYWORDS】** Acupuncture; Peripheral-cerebral; Neuro-immune regulation; Autonomic nerve balance; One acupoint affecting multiple organs

近年来,越来越多的生命科学前沿研究从整体角度出发,阐释机体多系统之间协同互动、维持稳态的运行法则。在神经科学领域,大脑与外周器官的双向调节已成为一个新兴的研究方向,如促炎因子和抗炎因子通过不同的神经传导通路将外周炎性反应信息传递至中枢,从而触发大脑对外周免疫应答的调控<sup>[1-3]</sup>。外周-中枢间的互动不仅可维持机体生理病理状态下的稳态平衡,亦体现外周器官自我调节后对中枢进行反馈形成的双向耦合与闭环调节。在疾病认识上,外周-中枢牵连互动导致机体稳态失衡、神经-免疫-内分泌-代谢失调及多系统共病已成为医学界关注的热点<sup>[4-7]</sup>。如机体在内源性 & 环境性压力刺激下产生焦虑、抑郁,极大地影响脑-自主神经-内分泌系统调节器官和腺体功能<sup>[8]</sup>。在治疗策略上,阐明中枢-外周脏器交互调控的分子、细胞、环路与行为机制及其干预靶点,既是服务于国家重大需求的关键科学问题,也是亟待突破的重大战略前沿。

针灸作为非药物疗法的代表,通过激活外周神经系统实现对中枢功能状态的调控,日渐成为神经调控治疗疾病不可忽略的前沿热点<sup>[9-10]</sup>。将传统医学的整体观智慧与现代系统生物学结合,是应对目前多系统、多器官、多靶点医学模式的重要路径。本文将从针灸调动免疫抗炎、调控脏器功能及“一穴多脏”干预共病3个角度,评述生命科学前沿进展与针灸研究现状及展望,旨在剖析关键问题、阐明学术观点、引发思考与讨论。

## 1 针刺调动神经-免疫抗炎作用的外周-中枢机制

在中枢对炎性反应的响应水平方面,有研究者利用单细胞测序、活性细胞捕获及在体钙成像等技术,鉴定了一条外周迷走神经-脑干的特异性神经环路,揭示了大脑如何感知促炎与抗炎因子的独特神

经元群体——在脂多糖(LPS)模型中,通过迷走神经节中特异性响应促炎因子  $Calca^{+}$  和抗炎因子的  $TRPA1^{+}$  神经元群分别向脑干孤束核(NTS)尾侧部多巴胺  $\beta$  羟化酶阳性神经元( $cNTS^{DBH^{+}}$ )传递炎性信号,使之像“变阻器”一样双向调控全身炎症反应<sup>[11]</sup>。《Nature》报道了一条中央杏仁核(CeA)和下丘脑室旁核(PVN)的促肾上腺皮质激素释放激素(CRH)阳性神经元( $CeA/PVN^{CRH}$ )-脾神经通路,通过响应躯体行为刺激调控免疫应答<sup>[12]</sup>。小鼠孤立高台站立行为可以同时激活 CeA/PVN 两个核团的 CRH 神经元,而捆绑可更强烈持久地激活  $PVN^{CRH}$  神经元,却抑制  $CeA^{CRH}$  神经元,后者使糖皮质激素水平持续升高并对免疫应答产生了抑制作用。这项研究鉴定了一条对适应性免疫具有增强功能的 CeA/ $PVN^{CRH}$ -脾轴,揭示了 CRH 神经元的双重免疫调节功能,而非经典的垂体-肾上腺-内分泌免疫抑制作用。该研究的通信作者清华大学祈海教授认为,上述脑-脾轴可能部分解释了锻炼身体(躯体运动)可以增强免疫力的科学原理。这为针灸等被动调动肌肉功能或直接激活 CeA/ $PVN^{CRH}$ -脾轴,调控机体的免疫应答提供了可行的研究思路。

在针刺调控神经-免疫的外周-中枢自主神经通路方面,Liu 等<sup>[13-14]</sup>明确表征了针刺“足三里”激活 NTS 的抗炎通路,即电针以穴位特异性和强度依赖的方式激活交感神经发挥抗炎效应。无论在 LPS 造模前或后,“足三里”低强度电针(0.5 mA)均可激活迷走-肾上腺-嗜铬细胞轴发挥抗炎效应。相比而言,在 LPS 造模前,“天枢”高强度(3 mA)刺激可激活脊髓交感神经-脾脏-神经肽 Y 轴,通过  $\beta_2$  肾上腺素能受体( $\beta_2$ -ARs)介导抗炎效应;若在 LPS 造模后则激活  $\alpha_2$  肾上腺素能受体( $\alpha_2$ -ARs)发挥促炎效应。位于后肢深筋膜的前动力蛋白受体 2 阳性( $PROKR2^{+}$ )标记的感觉神经元是低强度电针“足三里”驱动迷走神经依赖的肾上腺轴发挥抗炎效应

的关键;而该神经元消融并不影响高强度电针激活脊髓交感-脾脏轴的抗炎效果。这些研究在穴位与感受器特异性、针刺强度、干预时机、外周-中枢不同水平自主神经抗炎机制方面,为我们提供了神经科学视域下针灸作用途径的研究范式。

有学者采用高强度热刺激作用于颈部皮肤模拟热灸,通过皮肤表面的瞬时受体电位香草酸亚型通道( $\text{TRPV}^+$ )传入纤维激活C1或NTS神经元,借助NTS-PVN-下丘脑-垂体-肾上腺(HPA)轴同时驱动交感神经和迷走神经,以儿茶酚胺能途径抑制脾脏产生促炎因子以抗炎<sup>[15]</sup>。但这一路径与其他研究<sup>[16-17]</sup>及前述<sup>[13-14]</sup>的途径并不一致,且迷走神经支配肾上腺也有待进一步验证。同类研究还包括,电针通过激活 $\alpha 7$ 烟碱型乙酰胆碱受体( $\alpha 7\text{nAChR}$ )介导Janus激酶2/信号转导与转录激活因子3信号通路改善术后肠梗阻模型的肠道炎性反应,作者认为电针抑制肠道炎性反应是通过抑制迷走神经背核(DMV)中 $\gamma$ -氨基丁酸A型受体的表达驱动迷走神经传出,然而电针如何抑制该抑制型神经元受体的机制并未阐明<sup>[18]</sup>。

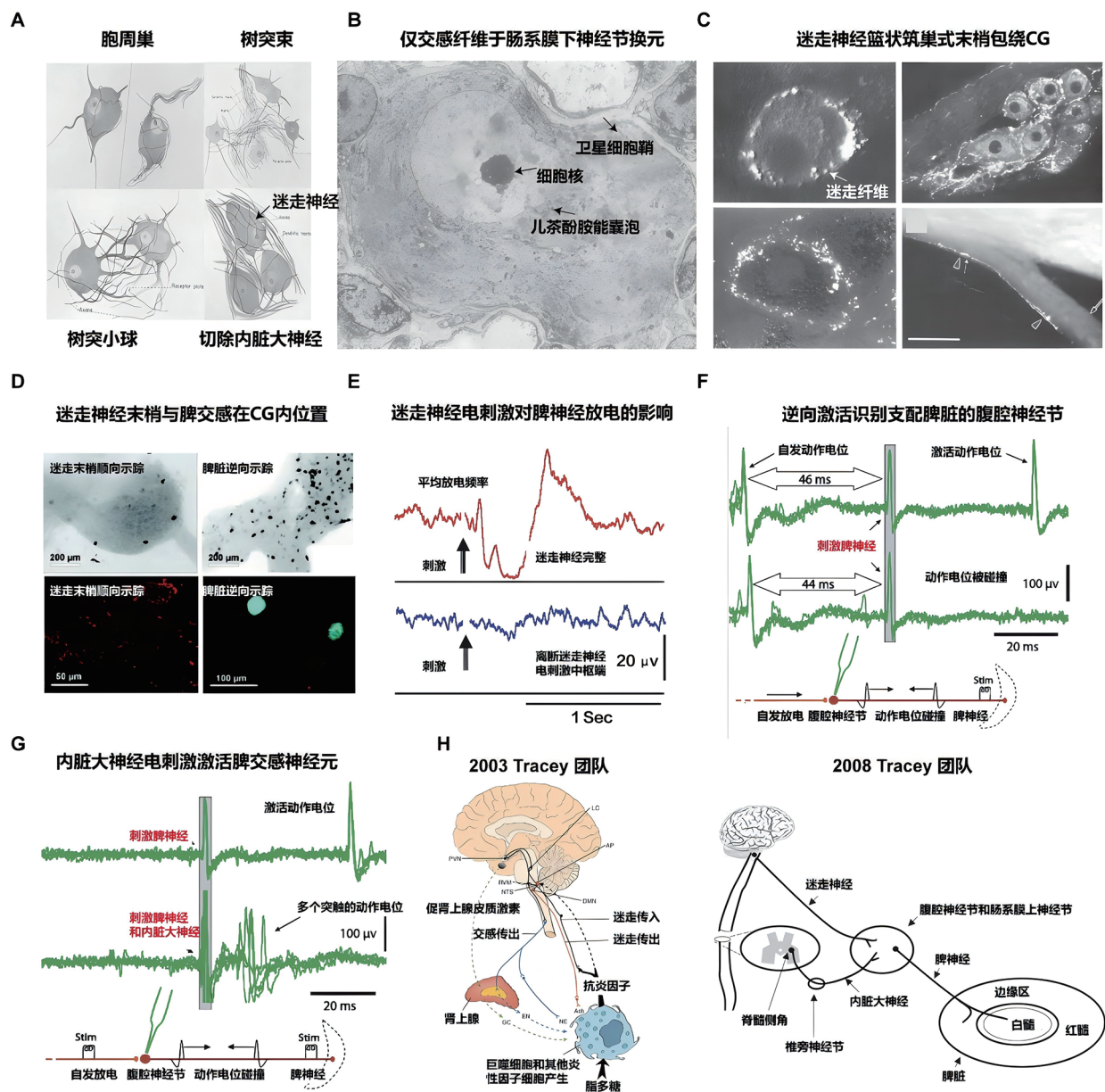
笔者团队采用3 mA电针刺激大鼠“天枢”,通过激活支配交感肾上腺髓质的节前纤维,记录到肾上腺交感神经放电,并根据潜伏期分析得到脊髓和脊髓上中枢的下行激活两种放电成分;同时在LPS模型中检测到外周血去甲肾上腺素(NE)含量上升,促炎细胞因子白细胞介素(IL)-6、IL-1 $\beta$ 含量减少,抑炎因子IL-10含量增加,动物的存活率上升等,明确针刺抗炎和维持机体生存指标等良性调节作用<sup>[19]</sup>。值得注意的是,天枢-交感-肾上腺以脊髓胸(T)9~T11节段节前纤维直接支配的方式启动抗炎通路,同等刺激量(3 mA)“天枢”显示出比“足三里”更好的促交感激活、NE释放和抗炎效果。另有研究针对肝脏再生能力缺失导致肝切除术患者出现肝功能衰竭等问题,通过电针“足三里”激活足三里-迷走-肝脏轴激活DMV胆碱能神经元,发现肝迷走神经末梢释放乙酰胆碱(Ach)增加,通过肝脏巨噬细胞中的IL-6信号通路,促进肝细胞增殖和功能代偿,而迷走神经切断术会抑制这一过程<sup>[20]</sup>。

**思考与启发 1**,以往针刺调动中枢-外周自主神经发挥抗炎作用的研究,存在概念不清从而机制不明的问题。首先,关于迷走神经是否在腹腔神经节换元,由节后儿茶酚胺能纤维支配脾脏这一点,与经典的神经解剖学相悖,却又广泛见于迷走神经抗炎的研究,因而值得商榷。经典神经解剖中交感与

副交感神经外周的传出通路相互独立,腹腔神经节仅接收交感神经节前纤维的换元,而迷走神经在近器官或器官内神经节换元,节后为胆碱能支配。有研究者<sup>[21]</sup>报道胆碱能抗炎通过两个途径实现,一是来自DMV的节前纤维,另一个是来自腹腔神经节的节前纤维。为了证明后者,即迷走神经在腹腔神经节换元,该团队近年来采用神经束路示踪、光遗传激活、药理学阻断和电生理记录等方法,验证迷走神经通过腹腔神经节经胆碱能节前与儿茶酚胺能节后神经元换元,发挥抗炎效应<sup>[22]</sup>。而该团队更早报道胆碱能抗炎通路的综述文章,并未提到迷走神经在腹腔神经节换元(图1)<sup>[23-24]</sup>。1938年Kuntz采用Cajal银染技术观察到,人腹腔神经节节前纤维存在胞周巢、树突小球、树突束3类交感换元突触;去除猫的内脏大神经后,观察到迷走纤维仅穿行于腹腔神经节,因当时技术原因并未观察到迷走神经或侧支在节内形成突触(图1A)<sup>[25]</sup>。此后学者采用透射电镜与连续超薄切片技术,报道未发现猫的肠系膜下神经节有迷走神经纤维末梢和突触结构(图1B),肠系膜下神经节与腹腔神经节结构相似,是否存在迷走纤维仍不明确<sup>[26]</sup>。1996年研究者在大鼠迷走神经背核注射顺行示踪剂,特异性标记迷走节前纤维,观察到腹腔神经节、肠系膜上神经节内存在大量迷走节前纤维侧支,这些纤维形成篮状筑巢式末梢包绕交感节后神经元形成突触(图1C),颠覆了之前的观点<sup>[27]</sup>。2012年Bratton团队对上述“发现”提出了质疑,他们也采用顺行示踪技术标记迷走节前纤维、逆行示踪标记脾脏交感神经元,观察到迷走末梢虽大量分布于腹腔神经节,但在空间上二者距离较远,未观察到突触结构(图1D)。该团队又用电生理方法验证,电刺激颈部迷走神经,记录到脾神经电活动先抑制后增加的变化,剪断迷走神经后电刺激不再引起脾神经放电频率变化(图1E);再利用碰撞实验鉴别腹腔神经节是否特异性支配投射到脾脏的交感神经元:逆向激活识别支配脾脏的腹腔神经节神经元,并利用固定潜伏期、“全或无”和时间控制的碰撞实验,鉴别这些神经元是否存在节前纤维支配(图1F);结果显示,内脏交感神经刺激引起突触后脾脏神经元激活(图1G),而颈迷走神经刺激不引起突触后放电变化<sup>[28]</sup>。目前更多的报道支持迷走神经侧支在腹腔神经节换元后支配脾脏<sup>[29]</sup>。综合上述研究并结合目前迷走神经抗炎进展,可认为有少量迷走神经由迷走神经干分出穿行腹腔神经节,通过侧支或分叉与交感节后纤维形成

突触联系而非全部换元,突触后儿茶酚胺能纤维支配脾脏,而穿行腹腔神经节到达脏器的仍为迷走胆碱能节前纤维类型(图2)。

其次,针刺通过交感抗炎通路、副交感抗炎通路与儿茶酚胺能抗炎、胆碱能抗炎并没有对应关系。针刺激活自主神经系统和通过不同的递质-受



注:A为人的腹腔神经节(CG)手绘图,可见交感节前纤维形成胞周巢、树突小球、树突束3类突触进行换元(上、左下);猫切除内脏大神经后腹腔神经节交感纤维减少,箭头指示迷走纤维仅穿行于腹腔神经节内(右下);B为电镜下CG内交感节后神经元胞体(浅灰色区域),该神经元胞体被卫星细胞包裹,胞体表面仅有儿茶酚胺能的致密突触囊泡,未见胆碱能清亮突触囊泡;C为逆行示踪 DiI(亮白色)标记的迷走节前纤维和Fluorogold(黑色胞质)标记支配脾的交感节后神经元,可见迷走侧支形成篮状筑巢式末梢包绕腹腔神经节、肠系膜上神经节内交感神经形成突触;D为DiI标记迷走末梢(红)、Fast Blue逆行标记脾交感神经元(蓝),二者在腹腔神经节内相距较远,无典型突触结构;E为电刺激颈部迷走神经及离断迷走神经后电刺激中枢端对脾神经放电的影响;F为碰撞实验5次信号叠加,灰色区域为刺激伪迹,按照自发放电间隔刺激脾神经记录腹腔神经节放电,鉴别特异性支配脾脏的腹腔神经节神经元;G为刺激脾神经可以诱发单个腹腔神经节神经元动作电位,同时刺激脾神经和内脏大神经,诱发潜伏期更短的腹腔神经节多突触的突触后电位;H为2003年与2008年Tracey团队发表文章中的胆碱能抗炎通路机制示意图。

图1 腹腔神经节存在迷走神经侧支与节后儿茶酚胺能神经元的突触结构<sup>[21,23,25-28]</sup>

Fig. 1 The celiac ganglion receives synaptic connections formed by collateral branches of the vagus nerve with postganglionic catecholaminergic neurons<sup>[21,23,25-28]</sup>

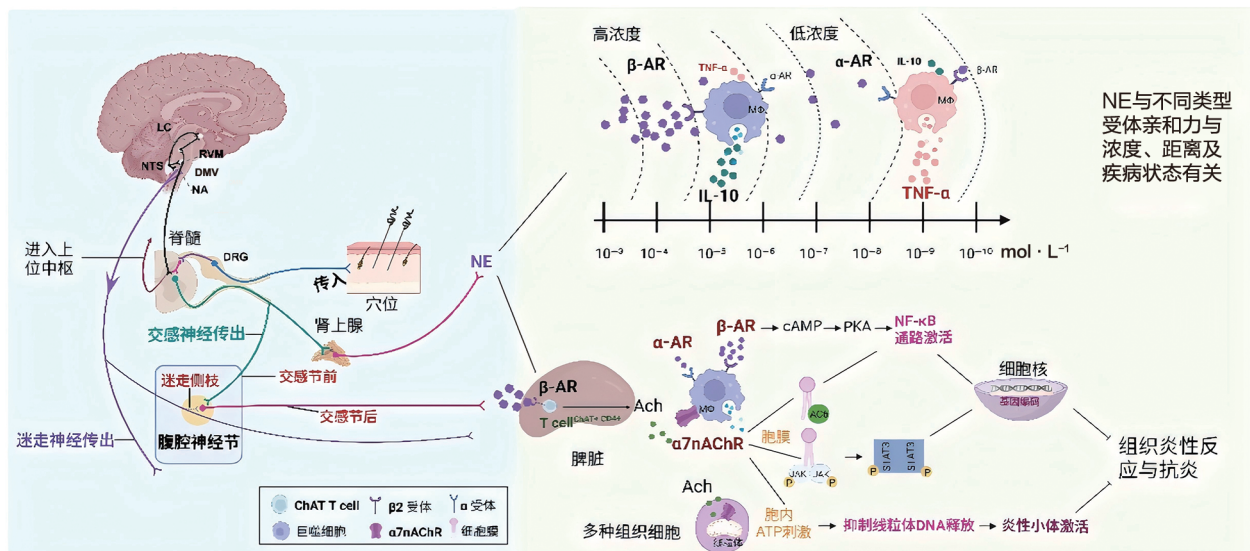
体靶向发挥抗炎作用,是不同水平的机制探讨,并非交感抗炎等同于儿茶酚胺能的激活发挥作用,同样迷走抗炎与胆碱能抗炎也是不同概念。如上所述,交感和迷走神经均可以在腹腔神经节以突触前胆碱能、突触后儿茶酚胺能的形式形成突触联系,节后纤维支配肾上腺髓质 TChAT+ 阳性 T 细胞释放 ACh,与突触后脾脏巨噬细胞等表面的  $\alpha 7$ nAChR 结合,激活腺苷酸环化酶的细胞内信号途径抑制促炎因子释放;交感节后纤维释放的 NE 也直接与巨噬细胞表面的  $\alpha 1/2$ -AR 结合,分别激活 Gq 和抑制性 G 蛋白(Gi)促进或抑制核因子  $\kappa$ B 的产生和肿瘤坏死因子的释放;而 NE 与  $\beta$ -AR 结合只通过刺激性 G 蛋白(Gs)途径抑制上述信号转导通路发挥抗炎作用<sup>[30]</sup>。NE 的受体选择性取决于递质释放量、受体表达与活性及炎性状态(后有详述)。可见腹腔神经节神经元节前可以理解为交感/迷走神经抗炎通路发挥作用,而交感节后取决于 NE 激活的脾脏及免疫细胞表面的胆碱能或儿茶酚胺能信号通路,与交感神经或迷走神经关系不大。

再次,炎性反应可以导致神经支配的重塑,比如炎性局部会发生交感神经纤维缺失的去支配和

感觉神经纤维增生的过度支配。交感神经纤维的减少形成两个不同的 NE 能效应区域,在交感去支配的病灶局部 NE 低浓度区域,由于 NE 对  $\alpha$ -AR 的亲和力高于  $\beta$ -AR,主要发生  $\alpha$ -肾上腺素能促炎效应;在接近正常组织的 NE 高浓度区域,NE 与  $\beta$ -AR 结合发挥抗炎作用。与此同时,多类 C-多觉感受器纤维末梢在炎性区域增生释放活性物质参与抗炎<sup>[31]</sup>。最新研究表明,小鼠黑色素瘤中酪氨酸激酶(TH)<sup>+</sup>交感神经和 Nav1.8<sup>+</sup>痛觉相关纤维增生对肿瘤生长产生反向调节,交感神经释放 NE 激活  $\alpha 2$ -AR,减少肿瘤边缘促瘤巨噬细胞(M2 样巨噬细胞)的数量与分布,即通过交感- $\alpha 2$ -AR-巨噬细胞轴抑制肿瘤生长且不依赖 T 细胞<sup>[32]</sup>。提示针刺发挥局部神经-免疫调控与炎性局部交感神经动态分布变化的时间窗、NE 释放量、受体表达密度密切相关(图 2)。

## 2 针刺调控靶器官功能的外周-中枢机制

根据以往研究,针刺的效应并非绝对的增强或抑制交感/副交感功能活动,而是使交感-副交感这一对相互平衡协调又相互拮抗的自主神经系统,在



注:LC为蓝斑,RVM为延髓头端腹内侧区,NTS为孤束核,DMV为迷走神经背核,NA为疑核,DRG为背根神经节,NE为去甲肾上腺素,TNF- $\alpha$ 为肿瘤坏死因子 $\alpha$ ,IL-10为白细胞介素-10, $\beta$ -AR为 $\beta$ 肾上腺素能受体, $\alpha$ -AR为 $\alpha$ 肾上腺素能受体,M $\phi$ 为巨噬细胞,ChAT为胆碱乙酰转移酶,CD44为分化簇44,ACh为乙酰胆碱, $\alpha 7$ nAChR为 $\alpha 7$ 型烟碱乙酰胆碱受体,AC为腺苷酸环化酶,cAMP为环磷酸腺苷,PKA为蛋白激酶A,NF- $\kappa$ B为核因子 $\kappa$ B,STAT3为信号转导与转录激活因子3。左图为针刺可通过交感-肾上腺轴或交感/迷走-脾脏通路发挥抗炎效应,注意,交感神经节前纤维直接到达肾上腺或通过腹腔神经节换元后到达脾脏,而迷走神经直接以胆碱能或通过侧支在腹腔神经节形成突触结构,节后以儿茶酚胺能纤维支配脾脏;右上图为去甲肾上腺素与不同类型儿茶酚胺能受体亲和力与浓度、距离及疾病状态有关(炎性中心与周边带);右下图为高浓度NE结合巨噬细胞表面 $\beta 2$ -AR释放IL-10,发挥抗炎作用;低浓度NE结合 $\alpha$ -AR释放TNF- $\alpha$ 产生促炎效果,ACh与 $\alpha 7$ nAChR结合发挥抗炎效应。

图2 针刺发挥神经-免疫抗炎作用的外周-中枢机制<sup>[20, 30-31]</sup>

Fig. 2 Peripheral-central neuropathway of neuro-immune anti-inflammatory effects of acupuncture<sup>[20, 30-31]</sup>

疾病状态失平衡时,通过针刺干预在不同水平恢复再平衡的稳态调节过程。古人用“心胸内关谋”和“肚腹三里留”总结四肢穴位对不同内脏的近治与远治功能。足三里在《黄帝内经》中的主治功用包含但不限于胃肠系统在内的几十种病证<sup>[33]</sup>。《中国针灸学》也有类似记载,足三里治疗病证范围之广、涉

及病种之多可谓多系统、多脏器、多靶点调控的代表穴;同样内关也是除心胸部以外各类疾病高频选取的穴位之一。临床不同疾病取穴频次统计显示,心胸疾病选足三里、胃肠疾病选内关的报道并不少见<sup>[34-35]</sup>,似乎并不支持“四总穴歌”,却又印证了临床“一穴多脏”和“多穴一脏”的合理性(图3)<sup>[36-37]</sup>。

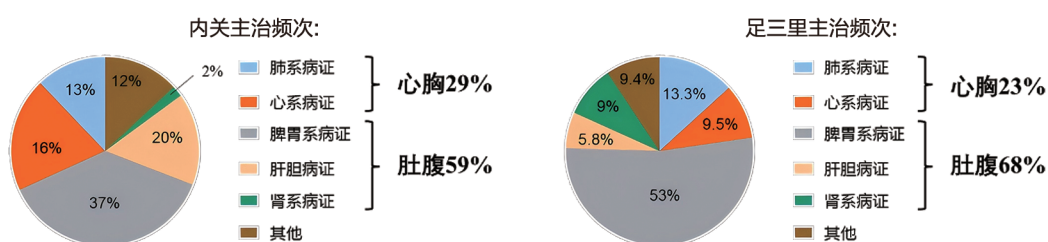


图3 古代文献中内关和足三里主治病证的统计报告<sup>[36-37]</sup>

Fig. 3 Statistical report on the main indications of Neiguan (PC6) and Zusanli (ST36) acupoints in ancient literature<sup>[36-37]</sup>

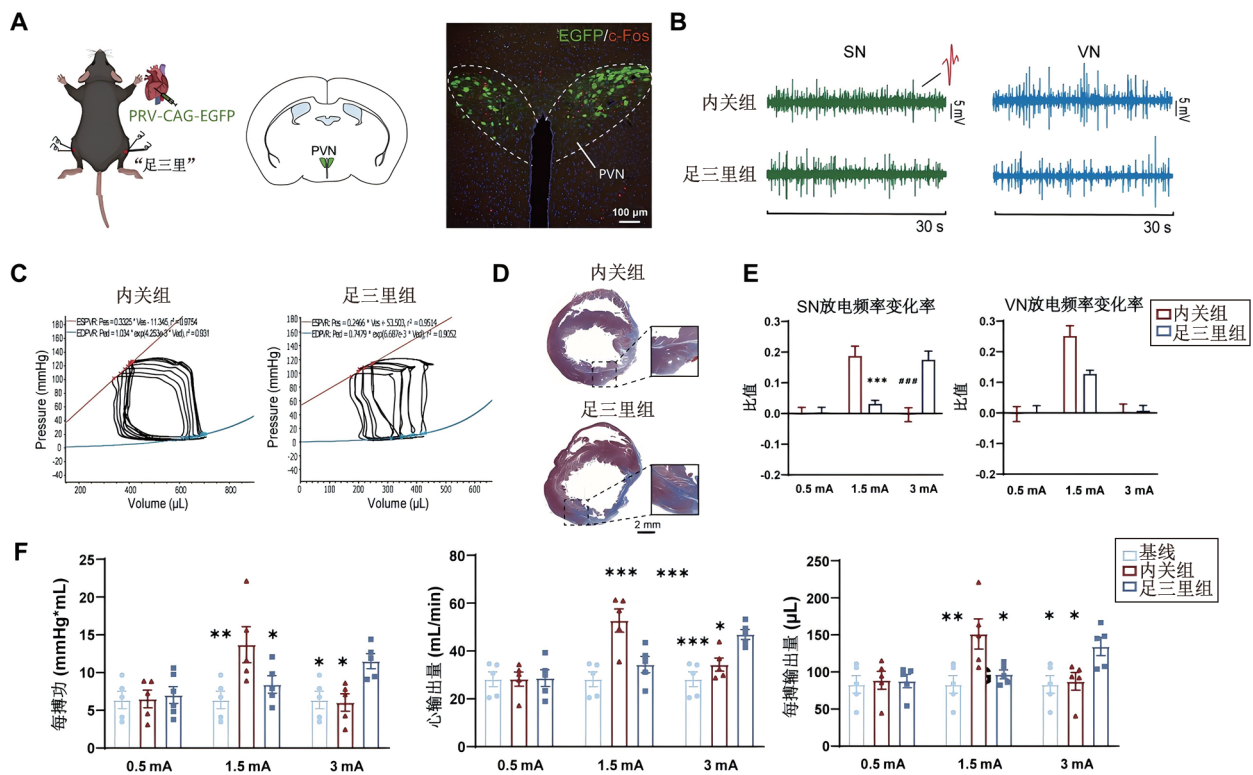
为了揭示不同穴位对内脏的自主神经调控规律,朱兵研究员根据穴位和内脏之间的神经解剖学联系,将穴位分为单元穴和集元穴<sup>[38]</sup>;而他引入的穴位敏化概念,又为我们从穴位-靶器官特异性联系理解穴位如何反映及诊断疾病、针灸如何选穴、穴位系统性与特异性效应何在等问题,建立了思路框架<sup>[39-41]</sup>。基于此,我们开展了系列研究并证实,体表穴位刺激以强度依赖的方式激活体表-脊髓交感或骶副交感反射调节脏器功能;针刺同时激活上位中枢,与脑干的交感-副交感核团发生信息整合,产生下行调控作用。这些基于神经联系途径的针刺调控规律研究有助于理解“一穴多脏”“多穴一脏”的同节段或跨节段的调控效应,如果综合考虑靶器官自主神经分布特点及疾病状态,针刺“双向调节”机制也较为明确<sup>[42]</sup>。

除已知的内关-心脏通过体表-脊髓交感神经联系,足三里-胃肠通过迷走神经联系,不同穴位针刺传入信息不同程度上均与上位中枢内脏相关脑区发生感觉信息会聚,通过交感-副交感功能恢复再平衡调控器官功能。PVN、蓝斑、延髓头端腹外侧核等输出交感样调控,而脑干疑核、DMV、上泌涎核等输出迷走/副交感样调控。这些交感-迷走/副交感传出支可以直接作用于内脏器官,或通过脊髓侧角节前神经换元后到达靶器官发挥调控作用。

我们在大鼠心肌缺血(MI)模型中观察到MI后第7天和第14天,交感神经活动和迷走神经自发活动均代偿性增加,第28天出现了自主神经张力失衡和心脏功能障碍,反映出自发的神经调控失代偿。电针“内关”比“足三里”能更好地维持自主神经兴

奋状态,改善心肌收缩和舒张功能,体现了穴位特异性;对两个穴位长期电针组,分别给予即刻电针刺激,均能明显改善大鼠的自主神经活动和心功能,说明电针“内关”和“足三里”都能保持心脏对刺激的响应,体现了长期干预的整体和系统性效应<sup>[43]</sup>(图4)。后续研究表明,“内关”和“足三里”在启动免疫抗炎挽救局部心肌坏死和组织修复方面,均使心肌组织巨噬细胞数量增加并向M2型极化,增加神经生长因子表达促进神经再生,减少心肌纤维化,穴位效应没有差异。在另一项急性实验中,我们比较了不同穴位的适宜刺激。分别用1.5 mA和3 mA电针刺激MI大鼠“内关”和“足三里”,结果表明1.5 mA刺激“内关”、3 mA刺激“足三里”均可有效激活心交感神经放电、增强心功能,产生交感样正性变力作用;低于上述有效强度的电针虽然可以激活交感神经,但不能有效改善心功能。同时也观察到1.5 mA刺激“内关”和3 mA刺激“足三里”均可增加迷走神经放电频率<sup>[44]</sup>。

**思考与启发2,电针并非可以矫正心功能异常全部指标,说明针刺通过自主神经改善心功能有效有限,尤其在变时上出现“脱靶”。**电针主要改善左室收缩和泵血功能,在改善变力效应上更有优势;但在变时作用上,尽管电针可以增加交感兴奋性和心率变异性的低频/高频比值,但不能逆转心率下降。可见MI造成动物交感神经功能下降初期,机体发生代偿性交感兴奋性增加,在不干预的情况下会发展为失代偿走向心衰和死亡;针刺“内关”可以部分维持和挽救心脏射血功能和心输出量。如果心肌病灶逐渐加重失去了对递质的响应能力,针



注:PVN为下丘脑室旁核,SN为交感神经,VN为迷走神经,DMV为迷走神经背核。A为电针“足三里”可以激活PVN中支配心脏的相关神经元;B~D为“内关”连续电针干预在改善心肌缺血大鼠自主神经活动(B)和心功能(C)方面具有特异性效应,“内关”和“足三里”均能改善心肌纤维化(D)。E~F为“内关”1.5 mA和“足三里”3 mA刺激均有效激活心交感神经放电(E)、增强心功能(F)。

图4 针刺调控心脏功能的外周-中枢机制<sup>[43-44]</sup>

Fig. 4 Peripheral-central mechanism of acupuncture regulating cardiac function<sup>[43-44]</sup>

刺可以驱动自主神经兴奋,但并不能有效“带动”心肌收缩和心功能增强,即出现了靶器官失响应的“脱靶”效应,这与潘卫星<sup>[45]</sup>提出的针刺效应“适应性调控”和“系统极限”类似。心肌细胞对针刺和神经调控存在失响应的“脱靶”现象,可能与病理状态下递质-受体的数量、功能异常变化有关。

疾病过程中内脏感觉-运动联动导致内脏感觉和脏器功能异常。针刺通过体表-自主神经反射在外周-中枢发挥作用,部分依赖病理状态下内脏自身感觉-运动自调控,也与体表-内脏感觉传入在不同水平的会聚和互作有关。Augustine及其团队<sup>[46]</sup>首次揭示了一条心-脑神经免疫环路:伴随心脏迷走的TRPV1内脏感觉纤维感知MI造成的心脏组织损伤,通过激活PVN中血管紧张素Ⅱ1A型受体(AT1aR)神经元,驱动颈上神经节(SCG)中IL-1β介导的交感输出,加剧MI后心脏重塑和炎症反应。TRPV1<sup>+</sup>的迷走神经节神经元作为“损伤传感器”在MI后数量和表达增加,消融TRPV1可以抑制交感神经活动、促进血管生成,改善MI心脏病理事件的

结局,抑制PVN<sup>AT1aR</sup>可以模拟迷走感觉神经元TRPV1消融的益处。在针刺调控心血管功能的中枢机制方面,有研究表明在心肌缺血再灌注损伤模型(MIRI)中,CRH神经元在PVN中呈现周期性集中表达,电针“神门”-“通里”预处理可以抑制MIRI模型PVN中与c-Fos共标记的CRH神经元的数量与活性增加,同时降低交感神经放电的频率,校正ST段偏移和心率变异性增加,改善左心室射血功能;化学遗传学抑制PVN<sup>CRH</sup>可以模拟电针发挥心脏保护作用,激活PVN<sup>CRH</sup>后保护作用消失<sup>[47]</sup>。我们正在进行的研究初步结果显示,在正常小鼠心脏局部用病毒标记TRPV1<sup>+</sup>纤维末梢,化学遗传激活TRPV1<sup>+</sup>纤维可以诱发类似MI造成的心交感神经激活和心功能异常;MI模型小鼠心脏局部化学遗传抑制TRPV1<sup>+</sup>纤维可以明显降低心交感神经过度激活改善心功能异常,但也削弱了“内关”的针刺效应。可见内脏病理状态下,针刺调控内脏功能的效应并非独立于内感受和内脏感觉-运动联动的自我代偿,而是在机体启动自稳态调控基础上发挥作用。

可以想象,如果机体在自身组织结构损伤严重、失去自我修复能力的状态下,针灸亦难为“无米之炊”。

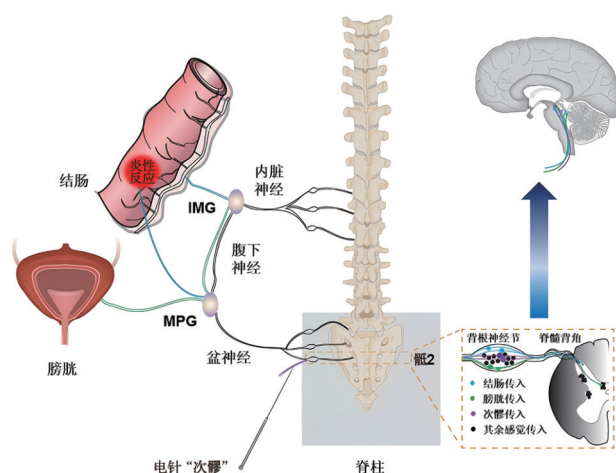
思考与启发3,不同穴位依赖不同刺激强度调动脊髓-脊髓上心-自主神经反射调控脏器功能,交感-副交感功能活动在不同水平发生互作,产生“水涨船高”样甚至偏离正常水平的再平衡。而这种“纠偏”而非完全“矫正”的调控效应正体现了针灸有效有限的特征。交感-副交感神经系统功能平衡与拮抗不仅体现在中枢水平,即体表-自主神经信息整合、感觉和运动核团内神经元间互作、神经环路功能改变等,也存在于外周组织器官、细胞及受体层面。如前所述,腹腔神经节同时接受交感-迷走的节前纤维或侧支支配,驱动节后儿茶酚胺功能;不仅如此,在交感或副交感神经节内和神经-靶器官平滑肌接头处,节前纤维轴突末梢同时存在胆碱能受体和儿茶酚胺能受体,因而接受二者在突触前的交叉支配,构成交感和副交感在外周传出水平的相互拮抗与功能协调的结构基础<sup>[48]</sup>。也有研究报道,交感末梢装置了胆碱能受体,用来抑制交感递质释放和过度兴奋,而副交感末梢没有儿茶酚胺能受体,从进化和遗传生物学角度可以理解为,在非应激或应急状态,机体为了减少交感过度兴奋和耗能,需要副交感持续发挥“慢刹车”作用将其抑制和拮抗<sup>[49]</sup>。因此,不同水平交感、副交感互作达到再平衡机制的解析,可能是理解针灸效应的关键。

### 3 针刺“一穴多脏”“多穴一脏”效应的外周-中枢机制

古人对不同器官病理状态下互作与共病的描述,最多见于中医五行生克理论和经络理论表里经关系的理解,体现在“五脏六腑”“奇恒之腑”间相互影响和诊疗思路中,如东汉张仲景在《金匱要略·脏腑经络先后病脉证》中记载“夫治未病者,见肝之病,知肝传脾,当先实脾…中工不晓相传,见肝之病,不解实脾,惟治肝也”。这里我们从脑和脊髓参与“一穴多脏”调控效应角度进一步进行机制探讨。

刘志顺团队采用次髂治疗多种盆骶部疾病,为脊髓和脑共同参与“一穴多脏”调控提供了高质量的证据,包括神经源性膀胱、卵巢储备功能低下的不孕症、围绝经期症状、严重功能性便秘(包括阿片类药物不良反应)、慢性前列腺炎、慢性盆底痛综合征、次髂-盆骶疾病<sup>[50-57]</sup>。以外周-中枢协同的排尿反射为例,针刺骶(S)2骶后孔处的次髂,主要激活骶副交感核通过盆神经引起逼尿肌收缩、尿道内括约

肌舒张,针刺同时激活躯体的阴部神经引起尿道外括约肌收缩引起排尿。病理状态下膀胱内壁过度充盈、炎性刺激等伤害性传入在脊髓背角与针刺信号会聚,或者上传到脑干、脑桥、皮层等,与针刺信息在高级中枢不同水平整合下行。膀胱的交感支配来自腰髓经腹下神经节换元后支配逼尿肌和尿道内括约肌,与骶副交感神经作用拮抗。因此对于神经源性膀胱排尿功能障碍,针刺次髂主要通过脊髓的副交感反射与中枢的下行调控相互协同,在意识参与或不参与(昏迷或脊髓损伤)的情况下调节膀胱/尿道功能、抑制膀胱过度兴奋,改善尿频、尿急、尿失禁,增加储尿稳定性,促进排尿反射恢复正常(图5)<sup>[58]</sup>。在膀胱炎性反应并不明显的结肠炎中期,仍存在排尿频率增加和收缩不完全等类似神经源性膀胱的病理症状。该模型可以明确表征临床盆骶疾病遗留膀胱过度兴奋和排尿异常疾病状态,而以往研究针刺对于两个脏器单一发病的免疫抗炎和功能调控的干预效果均肯定。因而对于原发的结肠炎和继发膀胱过度兴奋的神经-免疫异常共病状态,针灸可能在单一器官干预的基础上阻断二



注:IMG为肠系膜下神经节,MPG为盆神经节。结肠与膀胱感觉传入神经与内脏神经、腹下神经和盆神经伴行,初级神经元位于胸腰段及腰骶段背根神经节,并在脊髓背角会聚后上传至脑干和脑高级中枢。病理状态下,肠道或膀胱的扩张、炎性反应等伤害性刺激可诱发器官的交互敏化,形成肠-膀胱互作共病。电针“次髂”可影响背根神经节活动,并通过脊髓整合与脑下行调控,改善膀胱排尿功能和肠道运动,体现“一穴多脏”的调控效应。

图5 “次髂”调控结肠-膀胱交叉敏化的脊髓-脑神经环路示意图<sup>[58]</sup>

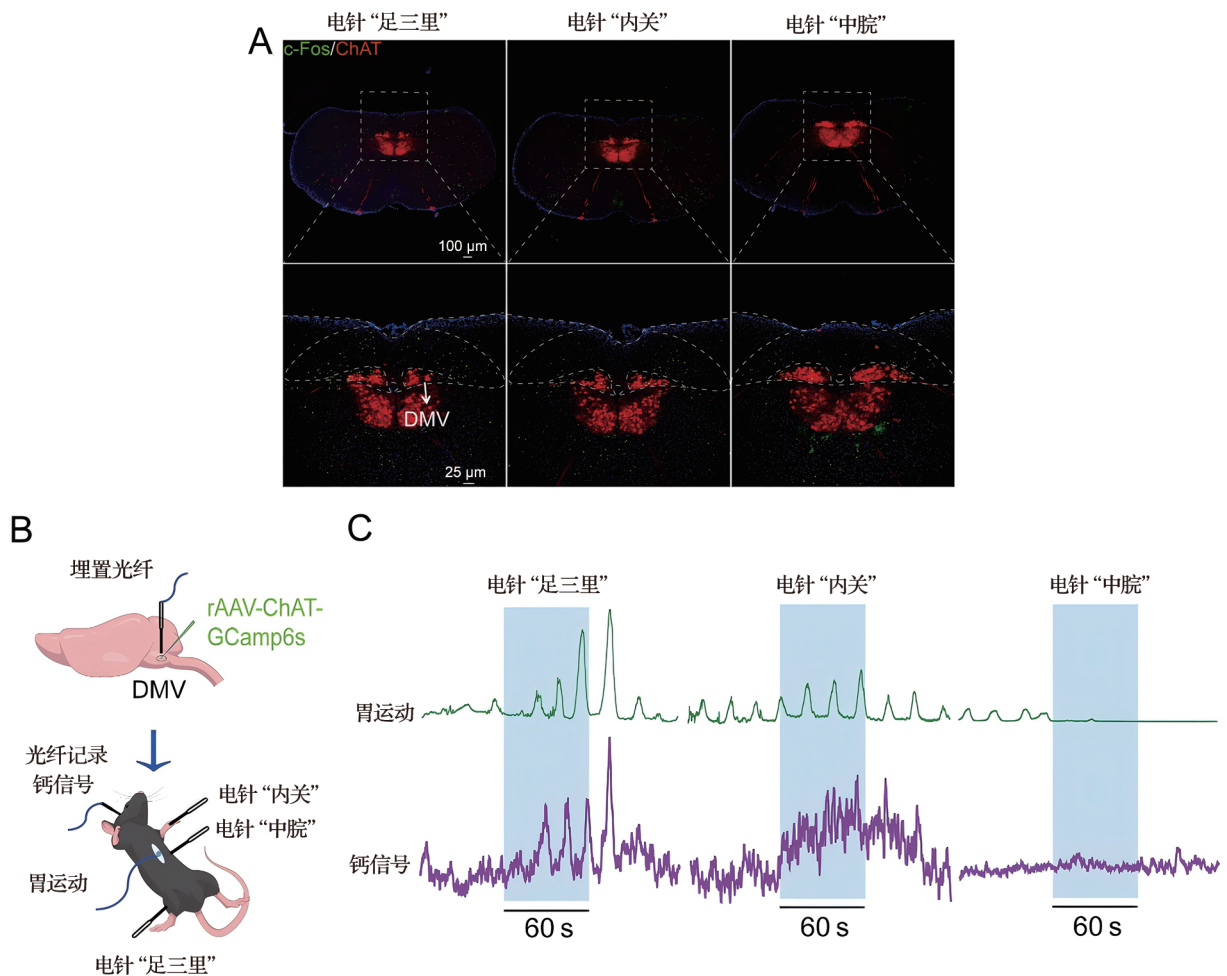
Fig. 5 Schematic diagram of the spinal-cerebral neural circuit regulating colon-bladder cross-sensitization through “Ciliao” (BL32) acupoint<sup>[58]</sup>

者互作的感觉-功能联动发挥治疗效应。

以往认为“一穴多脏”由脊髓同节段穴位-靶器官和脑的下行调控共同介导,忽略了脊髓本身存在“一穴多脏”联系的可能途径,机制研究较少。研究结果显示,脊髓背角存在包括脊丘束神经元在内的固有结构神经元,可以接受跨节段侧支投射从而会聚不同内脏-内脏、体表-内脏感觉传入<sup>[40]</sup>,尤其高位颈髓固有神经元向不同节段发出下行投射,针刺干预这类神经元可以抑制脏器病理互作,有效干预不同内脏器官相互影响产生的功能异常。我们初步研究显示,给予大鼠胃 80 mmHg(1 mmHg $\approx$ 0.133 kPa)球囊扩张的伤害性刺激,可以增加心包膜缓激肽刺激激活的 T3 脊髓背角心-相关神经元,并引起心率上升;针刺“百会”或“内关”可以抑制此类神经元的异常放电、稳定心脏节律,为针刺解除胃-心伤害性传

入相互作用引起的心功能异常提供了可靠依据<sup>[59]</sup>。

“一穴多脏”研究较多的内关、足三里,除在前述心功能调控中表现出不同的特异性与系统性特征外,二者调控胃运动的比较也显示,它们均能激活脑干迷走神经复合体促进胃运动;足三里不存在脊髓交感神经联系的直接途径因而表现出更显著的促进胃运动作用,内关虽然位于胃支配远节段的体表,但与脊髓交感神经系统仍有直接联系,因而促进胃运动效应较弱。如果再从“多穴一脏”角度理解,内关和足三里对于心功能的调控存在与靶器官同节段和远节段的不同,因而效应有“质”的区别,但二者对于胃功能而言均为远节段穴位,效应仅表现为“量”的差异;而中脘位于胃的同节段,脊髓交感神经可以直接介导针刺效应,表现为胃运动被显著抑制,且与脑干的激活关系不大(图 6)<sup>[60]</sup>。



注:DMV为迷走神经背核,ChAT为胆碱乙酰转移酶。A为免疫荧光观察电针“足三里”“中脘”激活DMV<sup>ChAT+</sup>,电针参数为频率10 Hz、强度1 mA、持续15 min;B为病毒标记策略及光纤埋置示意图;C为同步记录钙成像及胃运动,观察电针“足三里”“内关”“中脘”对DMV<sup>ChAT+</sup>神经元钙信号的影响及胃运动效应。

图6 电针“足三里”“内关”“中脘”激活DMV<sup>ChAT+</sup>神经元以及DMV<sup>ChAT+neuron</sup>介导的电针效应比较<sup>[60]</sup>

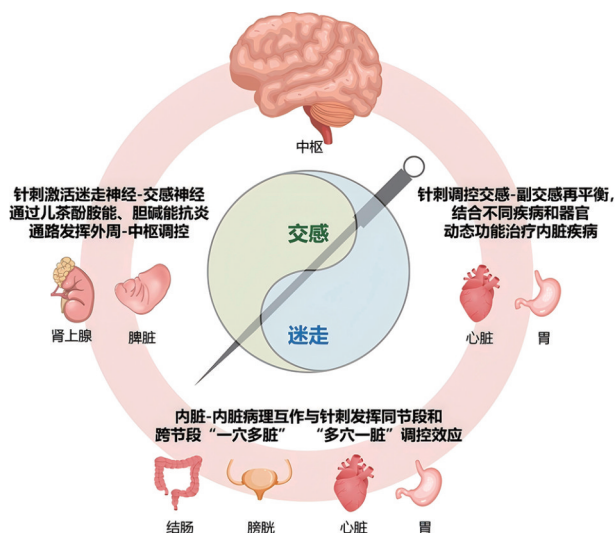
Fig. 6 Comparison of electroacupuncture at “Zusanli” (ST36), “Neiguan” (PC6) and “Zhongwan” (CV12) to activate DMV<sup>ChAT+neuron</sup> and DMV<sup>ChAT+</sup> in mediating electroacupuncture effects<sup>[60]</sup>

再如迷走神经耳支主要通过中枢途径治疗各种内脏功能性疾病及多种脑病的“一穴多脏”效应<sup>[61]</sup>。天枢同时可以用于腹泻和便秘的治疗,体现一穴的“双向调控”特点<sup>[42,62-65]</sup>,值得深入探讨。

思考与启发4,针刺“一穴多脏”和“多穴一脏”调控脏器功能和干预共病,是针刺激活自主神经通过特异性和全身性交感-副交感在外周-中枢不同水平相互作用,节段性调控单一器官或跨节段调控多个器官效应的体现。针刺调控自主神经系统发挥局部和系统性抗炎效应也包含其中。《Nature》发表有关体-脑轴的最新研究表明,每个器官的内在神经网络是身体和大脑沟通的重要桥梁,不同器官内在神经网络虽由同一种神经脊细胞发育而来,但不同的迁移谱系构筑了不同的分子特征与空间结构,且器官微环境塑造了各自功能特征<sup>[66]</sup>。不同内脏器官交感和副交感优势支配不同,疾病引起组织细胞受损状态、功能活动和受体分布变化等,是针刺发挥“最后一公里”效应的关键。临床上过早地使用药物干预,尤其长期慢性采用化合物靶向“占据”组织器官细胞表面受体,使得受体及下游细胞内信号通路形成药物依赖甚至耐药性,因而针刺在神经-递质层面的调控无法有效在靶器官、靶组织与靶细胞水平起作用而出现失响应的“脱靶”现象。另一方面,长期依赖药物而非神经功能活动驱动靶组织和靶细胞受体功能,会导致自主神经“用进废退”,进而导致机体组织逐渐失去自修复和自稳态调节能力,进一步“剥夺”了针刺发挥效应的空间和机会。这是临床病人往往在用药效果不好的情况下求助于针灸,而此时针灸的干预效果亦不理想的可能原因。

#### 4 小结

生命科学的前沿进展不断赋予针灸科学原理解读新的生机。针刺调动神经-免疫-内分泌的广泛应答参与系统性和局部性免疫抗炎及器官功能调控,应从外周-中枢不同水平对脑及自主神经功能活动、器官互动与响应、递质-受体结合与信号启动等逐层深入解析。在此过程中,系统性自主神经或局部感觉神经系统的动态参与是针灸效应的核心环节(图7)。因此,针灸干预疾病通过调动和维持人体自身抗病力和机体自我修复能力而实现,利用“小刺激”激发生物本能抗逆性产生“大反应”,是与现代医学精准刺激和靶向给药截然不同,甚至相反的思维和治疗体系。针灸有效作用的时间窗



注:围绕针灸效应的外周-中枢机制,从神经-免疫抗炎、靶器官功能调控、干预脏器互作共病3个维度,明确针刺激活迷走神经-交感神经通过儿茶酚胺能、胆碱能抗炎通路发挥作用;针刺调控交感-副交感达到再平衡治疗内脏疾病;针刺发挥同节段和跨节段“一穴多脏”“多穴一脏”调控和干预共病,是其特异性和系统性效应的体现。

图7 针灸通过自主神经外周-中枢机制调控神经-免疫与内脏功能

Fig. 7 Acupuncture regulates neuro-immune and visceral functions through peripheral-central neuropathways of the autonomic nervous system

宝贵且效应有限,只有充分借鉴主动健康理念体现功能医学的特点,才能使针灸更好地服务健康中国战略。

**利益冲突** 作者声明不存在利益冲突。作者高昕妍为本刊编委,但未参与本文的审理。

#### 参考文献

- [1] Zanos T P, Silverman H A, Levy T, et al. Identification of cytokine-specific sensory neural signals by decoding murine vagus nerve activity[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2018, 115 (21): E4843-E4852.
- [2] Huerta T S, Chen A C, Chaudhry S, et al. Neural representation of cytokines by vagal sensory neurons[J]. Nat Commun, 2025, 16: 3840.
- [3] Hashimoto O, Hepler T D, Tynan A, et al. Central neurons encode interleukin-1 $\beta$  signals and mediate stress-induced inflammation[J]. J Exp Med, 2026, 223(4): e20252000.
- [4] Akassoglou K, Davalos D, Mendiola A S, et al. Pioneering discovery and therapeutics at the brain-vascular-immune interface[J]. Cell, 2024, 187(21): 5871-5876.
- [5] Sammons M, Popescu M C, Chi J Y, et al. Brain-body physiology: local, reflex, and central communication [J].

- Cell, 2024, 187(21): 5877-5890.
- [6] O' Riordan K J, Moloney G M, Keane L, et al. The gut microbiota-immune-brain axis: therapeutic implications [J]. Cell Rep Med, 2025, 6(3): 101982.
- [7] Xie C, Lin Y H, Qi C, et al. Neuro-endocrine-immune regulation of metabolic homeostasis [J]. Cytokine Growth Factor Rev, 2025, 85: 165-178.
- [8] Chrousos G P. Stress and disorders of the stress system [J]. Nat Rev Endocrinol, 2009, 5(7): 374-381.
- [9] Wang Y C, Zhai Y Y, Zheng Z Y, et al. Progress in non-invasive neuromodulation based on consciousness-related neural circuits: a narrative review [J]. Front Neurol, 2026, 17: 1770928.
- [10] Wu M T, Hsieh J C, Xiong J, et al. Central nervous pathway for acupuncture stimulation: localization of processing with functional MR imaging of the brain: preliminary experience [J]. Radiology, 1999, 212(1): 133-141.
- [11] Jin H, Li M T, Jeong E, et al. A body-brain circuit that regulates body inflammatory responses [J]. Nature, 2024, 630(8017): 695-703.
- [12] Zhang X, Lei B, Yuan Y, et al. Brain control of humoral immune responses amenable to behavioural modulation [J]. Nature, 2020, 581(7807): 204-208.
- [13] Liu S B, Wang Z F, Su Y S, et al. A neuroanatomical basis for electroacupuncture to drive the vagal-adrenal axis [J]. Nature, 2021, 598(7882): 641-645.
- [14] Liu S B, Wang Z F, Su Y S, et al. Somatotopic organization and intensity dependence in driving distinct NPY-expressing sympathetic pathways by electroacupuncture [J]. Neuron, 2020, 108(3): 436-450.
- [15] Song D C, Cao Z, Hu Y, et al. Stimulation of TRPV1+ peripheral somatosensory nerves suppress inflammation via the somato-autonomic reflex [J]. iScience, 2025, 28(2): 111831.
- [16] Torres-Rosas R, Yehia G, Peña G, et al. Dopamine mediates vagal modulation of the immune system by electroacupuncture [J]. Nat Med, 2014, 20(3): 291-295.
- [17] Yang N N, Yang J W, Ye Y, et al. Electroacupuncture ameliorates intestinal inflammation by activating  $\alpha 7$ nAChR-mediated JAK2/STAT3 signaling pathway in postoperative ileus [J]. Theranostics, 2021, 11(9): 4078-4089.
- [18] Zhang Z Y, Cui X, Liu K, et al. Adrenal sympathetic nerve mediated the anti-inflammatory effect of electroacupuncture at ST25 acupoint in a rat model of sepsis [J]. Anat Rec, 2023, 306(12): 3178-3188.
- [19] Yang L, Zhou Y Y, Huang Z S, et al. Electroacupuncture promotes liver regeneration by activating DMV acetylcholinergic neurons-vagus-macrophage axis in 70% partial hepatectomy of mice [J]. Adv Sci (Weinh), 2024, 11(32): e2402856.
- [20] Zhang Z Y, Zhang D D, Lin Q, et al. Therapeutically fine-tuning autonomic nervous system to treat sepsis: a new perspective on the immunomodulatory effects of acupuncture [J]. J Inflamm Res, 2024, 17: 4373-4387.
- [21] Rosas-Ballina M, Ochani M, Parrish W R, et al. Splenic nerve is required for cholinergic antiinflammatory pathway control of TNF in endotoxemia [J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2008, 105(31): 11008-11013.
- [22] Kressel A M, Tsaava T, Levine Y A, et al. Identification of a brainstem locus that inhibits tumor necrosis factor [J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2020, 117(47): 29803-29810.
- [23] Pavlov V A, Wang H, Czura C J, et al. The cholinergic anti-inflammatory pathway: a missing link in neuroimmunomodulation [J]. Mol Med, 2003, 9(5/6/7/8): 125-134.
- [24] Tracey K J. Physiology and immunology of the cholinergic antiinflammatory pathway [J]. J Clin Invest, 2007, 117(2): 289-296.
- [25] Kuntz A. The structural organization of the celiac ganglia [J]. J Comp Neurol, 1938, 69(1): 1-12.
- [26] Elfvin L G. Ultrastructural studies on the synaptology of the inferior mesenteric ganglion of the cat I. Observations on the cell surface of the oostganglionic perikarya [J]. J Ultrastruct Res, 1971, 37(3/4): 411-425.
- [27] Berthoud H R, Powley T L. Interaction between parasympathetic and sympathetic nerves in prevertebral ganglia: morphological evidence for vagal efferent innervation of ganglion cells in the rat [J]. Microsc Res Tech, 1996, 35(1): 80-86.
- [28] Bratton B O, Martelli D, McKinley M J, et al. Neural regulation of inflammation: no neural connection from the vagus to splenic sympathetic neurons [J]. Exp Physiol, 2012, 97(11): 1180-1185.
- [29] Mota C M D, Madden C J. Neural control of the spleen as an effector of immune responses to inflammation: mechanisms and treatments [J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2022, 323(4): R375-R384.
- [30] Chavan S S, Pavlov V A, Tracey K J. Mechanisms and therapeutic relevance of neuro-immune communication [J]. Immunity, 2017, 46(6): 927-942.
- [31] Pongratz G, Straub R H. The sympathetic nervous response in inflammation [J]. Arthritis Res Ther, 2014, 16(6): 504.
- [32] Liu T T, Kutsovsky D Y, Earlie E M, et al. A local sympathetic-immune axis inhibits melanoma growth in mice by dictating adrenergic control [J]. Neuron, 2026, 114(9): 1576-1593.
- [33] 吴墨政, 李敬华, 王映辉.《黄帝内经》中足三里穴的定位及主治功用 [J]. 中国中医药图书情报杂志, 2021, 45(2): 60-62.

- Wu M Z, Li J H, Wang Y H. Location and therapeutic functions of Zusanli (ST36) in Huangdi Neijing (in Chinese) [J]. Chinese Journal of Library and Information Science for Traditional Chinese Medicine, 2021, 45(2): 60-62.
- [34] 陈霞, 卢圣锋, 朱冰梅, 等. 针灸治疗冠心病临床选穴规律的数据挖掘研究[J]. 南京中医药大学学报, 2014, 30(5): 417-421.
- Chen X, Lu S F, Zhu B M, et al. The principles of acupoint selection in treatment of coronary artery disease based on data mining (in Chinese) [J]. Journal of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, 2014, 30(5): 417-421.
- [35] 尹鸿智, 刘倩, 金佳燕, 等. 基于数据挖掘技术分析针刺治疗功能性消化不良的临床选穴规律[J]. 中国医药导报, 2021, 18(30): 136-140.
- Yin H Z, Liu Q, Jin J Y, et al. Rules of clinical acupoint selection for acupuncture in the treatment of functional dyspepsia based on data mining (in Chinese) [J]. China Medical Herald, 2021, 18(30): 136-140.
- [36] 刘立公, 顾杰, 沈雪勇. 古代文献中心包经及其腧穴主治的统计报告[J]. 上海针灸杂志, 2005, 24(5): 29-30.
- Liu L G, Gu J, Shen X Y. Statistical report on the indications of pericardium meridian and its acupoints in ancient literature (in Chinese) [J]. Shanghai Journal of Acupuncture and Moxibustion, 2005, 24(5): 29-30.
- [37] 刘立公, 顾杰. 古代文献中胃经及其腧穴主治的统计报告[J]. 上海针灸杂志, 2003, 22(4): 41-42.
- Liu L G, Gu J. Statistical report on indications of stomach meridian and its acupoints in ancient literature (in Chinese) [J]. Shanghai Journal of Acupuncture and Moxibustion, 2003, 22(4): 41-42.
- [38] 朱兵. 论穴位与穴位特异性[J]. 中国针灸, 2021, 41(9): 943-950.
- Zhu B. On the acupoint and its specificity (in Chinese) [J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2021, 41(9): 943-950.
- [39] 高昕妍. 穴位敏化: 疾病诊治的纽带[J]. 针刺研究, 2025, 50(5): 504-512.
- Gao X Y. Acupoint sensitization: bond of disease diagnosis and therapy (in Chinese) [J]. Acupuncture Research, 2025, 50(5): 504-512.
- [40] Tan H J, Tumilty S, Chapple C, et al. Understanding acupoint sensitization: a narrative review on phenomena, potential mechanism, and clinical application [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2019, 2019: 6064358.
- [41] Wang X S, Li X X, Gao Y B, et al. Knowledge mapping of acupoint sensitization and acupoint specificity: a bibliometric analysis [J]. Front Neurosci, 2023, 17: 1292478.
- [42] 朱兵. 论针灸的双向调节效应[J]. 针刺研究, 2025, 50(5): 485-497.
- Zhu B. On the bidirectional regulation effect of acupuncture (in Chinese) [J]. Acupuncture Research, 2025, 50(5): 485-497.
- [43] Xi H Q, Li X, Zhang Z Y, et al. Continuous peripheral electrical nerve stimulation improves cardiac function via autonomic nerve regulation in MI rats [J]. Heart Rhythm, 2024, 21(10): 2010-2019.
- [44] 李岫轩, 李霞, 饶学植, 等. 不同强度电针“内关”及“足三里”对心肌缺血后自主神经及心功能的调控效应[J]. 针刺研究, 2026, 51(3): 273-283.
- Li X X, Li X, Rao X Z, et al. Regulatory effect of electroacupuncture at “Neiguan” (PC6) and “Zusanli” (ST36) with different intensities on autonomic nerves and cardiac function after myocardial ischemia (in Chinese) [J]. Acupuncture Research, 2026, 51(3): 273-283.
- [45] 潘卫星. 针灸的神经生物学机理[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(10): 4281-4297.
- Pan W X. Neurobiological mechanisms of acupuncture (in Chinese) [J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2018, 33(10): 4281-4297.
- [46] Yadav S, Ninh V K, Lovelace J W, et al. A triple-node heart-brain neuroimmune loop underlying myocardial infarction [J]. Cell, 2026, 189(3): 800-817.
- [47] Zhou J, Zhang B, Zhou X, et al. Electroacupuncture pretreatment mediates sympathetic nerves to alleviate myocardial ischemia-reperfusion injury via CRH neurons in the paraventricular nucleus of the hypothalamus [J]. Chin Med, 2024, 19(1): 43.
- [48] Vizi E S. Proceedings: interaction between adrenergic and cholinergic systems: presynaptic inhibitory effect of noradrenaline on acetylcholine release [J]. J Neural Transm, 1974, Suppl. 11(0): 61-78.
- [49] Manabe N, Foldes F F, Töröcsik A, et al. Presynaptic interaction between vagal and sympathetic innervation in the heart: modulation of acetylcholine and noradrenaline release [J]. J Auton Nerv Syst, 1991, 32(3): 233-242.
- [50] Yang M, Zhu L L, Yao H, et al. Effects of electroacupuncture on chronic urinary retention after pelvic or lumbosacral tumor resection surgeries: a retrospective cohort study [J]. Transl Androl Urol, 2024, 13(3): 397-405.
- [51] Wang Y, Li Y H, Chen R X, et al. Electroacupuncture for reproductive hormone levels in patients with diminished ovarian reserve: a prospective observational study [J]. Acupunct Med, 2016, 34(5): 386-391.
- [52] Liu Z S, Wang Y, Xu H F, et al. Efficacy of electroacupuncture for symptoms of menopausal transition: study protocol for a randomized controlled trial [J]. Trials, 2014, 15: 242.
- [53] Li S, Li Z F, Wu Q, et al. A multicenter, randomized, controlled trial of electroacupuncture for perimenopause women with mild-moderate depression [J]. Biomed Res Int,

- 2018, 2018: 5351210.
- [54] Wang W M, Liu Y, Yang X F, et al. Effects of electroacupuncture for opioid-induced constipation in patients with cancer in China: a randomized clinical trial[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(2): e230310.
- [55] Qin Z S, Wu J N, Zhou J, et al. Systematic review of acupuncture for chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome[J]. Medicine, 2016, 95(11): e3095.
- [56] Wang W M, Liu Y, Sun S X, et al. Electroacupuncture for postmenopausal women with stress urinary incontinence: secondary analysis of a randomized controlled trial[J]. World J Urol, 2019, 37(7): 1421-1427.
- [57] 龙子临, 刘志顺. 基于数据挖掘浅析次髂穴主治病症及配伍规律[J]. 中国针灸, 2022, 42(4): 459-463.
- Long Z L, Liu Z S. Brief analysis on main indications and compatibility rules of Ciliao (BL32) based on data mining (in Chinese)[J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2022, 42(4): 459-463.
- [58] Maddern J, Grundy L, Castro J, et al. Pain in endometriosis [J]. Front Cell Neurosci, 2020, 14: 590823.
- [59] 张子怡. 大鼠高位颈髓(C1-C2)参与针刺干预胃扩张刺激对心传入影响的中枢整合机制[D]. 北京: 中国中医科学院, 2026.
- Zhang Z Y. The Role of the upper cervical spinal cord (C1-C2 segments) in the central integration of acupuncture-mediated regulation of cardiac afferent inputs induced by gastric distension in rats (in Chinese)[D]. Beijing: China Academy of Chinese Medical Sciences, 2026.
- [60] 刘阅阅. 电针足三里驱动迷走神经-胃反射调控小鼠胃动力的中枢神经机制[D]. 北京: 中国中医科学院, 2026.
- Liu Y Y. Electroacupuncture at Zusanli acupoint drives the vagus nerve-gastric reflex to regulate the central neural mechanism of gastric motility in mice (in Chinese) [D]. Beijing: China Academy of Chinese Medical Sciences, 2026.
- [61] Wang Y, Li S Y, Wang D, et al. Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation: from concept to application [J]. Neurosci Bull, 2021, 37(6): 853-862.
- [62] 李桐, 刘筱羽, 王晓宇, 等. 不同强度电针“天枢”对大鼠远端结肠运动的双向调控[J]. 中国针灸, 2025, 45(4): 460-472.
- Li T, Liu X Y, Wang X Y, et al. Bidirectional regulation of distal colon motility in rats with electroacupuncture of different intensities at “Tianshu” (ST25) (in Chinese) [J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2025, 45(4): 460-472.
- [63] Pei L X, Geng H, Guo J, et al. Effect of acupuncture in patients with irritable bowel syndrome: a randomized controlled trial[J]. Mayo Clin Proc, 2020, 95(8): 1671-1683.
- [64] Li P F, Luo Y, Wang Q, et al. Efficacy and safety of acupuncture at Tianshu (ST25) for functional constipation: evidence from 10 randomized controlled trials[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2020, 2020: 2171587.
- [65] 潘卫星. 针刺双向调节效应及可能机制[J]. 针刺研究, 2019, 44(11): 843-853.
- Pan W X. Bidirectional regulation of acupuncture and its plausible mechanisms (in Chinese) [J]. Acupuncture Research, 2019, 44(11): 843-853.
- [66] Hsu I Y, Zhao J, Lin Y X, et al. Lineage and organ signals sequentially build organ intrinsic nervous systems[J]. Nature, 2026, 655(8122): 429-437.

收稿日期:2026-06-02 修回日期:2026-07-13