

针刺调控脂肪重塑与中枢稳态协同治疗肥胖的研究进展

薛廷政, 黄柳杨, 王雅媛, 宋燕娟, 唐倩, 田浩然, 梁凤霞
(湖北中医药大学针灸骨伤学院, 武汉 430060)

【摘要】肥胖作为全球性公共卫生问题,其病理机制涉及能量代谢失衡、脂肪异常堆积及多系统功能紊乱,明显增加心血管疾病和2型糖尿病等代谢综合征风险。现有治疗策略在长期疗效及安全性方面存在局限性,亟需探索符合代谢调控规律的干预手段。针灸疗法凭借其多靶点、整体调节特性,在肥胖治疗中展现出独特的代谢重塑优势。研究表明,针刺通过诱导白色脂肪棕色化、抑制脂肪组织过度自噬、改善脂肪组织交感神经活性、抑制慢性低度炎症反应、调节中枢神经环路等途径干预肥胖进程。本综述系统梳理了近5年针刺抗肥胖的机制研究进展与临床研究证据,结合中医理论探讨了针刺减肥的双重作用机制,创新性提出针刺可通过脂肪重塑与中枢稳态重建的2级协同调控网络实现代谢重塑,并着重强调增强脾胃运化功能对减轻肥胖的重要意义,进而阐明了针刺防治肥胖的多层次整合机制。

【关键词】针刺;肥胖;脂肪;中枢

【中图分类号】R246.1

【文献标志码】A

Research advances in acupuncture for the treatment of obesity through synergistic regulation of adipose remodeling and central homeostasis

Xue Tingzheng, Huang Liuyang, Wang Yayuan, Song Yanjuan, Tang Qian, Tian Haoran, Liang Fengxia
(College of Acupuncture and Orthopedics, Hubei University of Chinese Medicine)

【Abstract】Obesity has become a global public health issue, and its pathological mechanisms involve energy metabolism imbalance, abnormal fat accumulation, and multi-system dysfunction, significantly increasing the risk of metabolic syndromes including cardiovascular diseases and type 2 diabetes. Current treatment strategies have certain limitations in long-term efficacy and safety, and it is urgently needed to explore interventions aligned with metabolic regulation principles. With the features of multi-target and holistic regulation, acupuncture has shown the unique advantage of metabolic remodeling in the treatment of obesity. Studies have shown that acupuncture intervenes in the progression of obesity by inducing white adipose browning, suppressing excessive autophagy in adipose tissue, enhancing sympathetic nerve activity in adipose tissue, inhibiting chronic low-grade inflammation, and modulating central neural circuits. This review systematically summarizes the research progress in the mechanisms of acupuncture against obesity and clinical evidence over the past five years. It explores the dual mechanisms of action of acupuncture for weight loss in combination with theories of traditional Chinese medicine, and innovatively proposes that acupuncture can achieve metabolic remodeling through a two-level synergistic regulatory network involving adipose tissue remodeling and central homeostasis reconstruction. Furthermore, it emphasizes the significant importance of enhancing the transporting and transforming functions of the spleen and stomach in alleviating obesity, thereby clarifying the multi-level integrated mechanism of acupuncture in preventing and treating obesity.

【Key words】acupuncture; obesity; adipose; central homeostasis

过去40年间,超重和肥胖的发病率逐年上升,成年人的超重率为34.3%,肥胖率为16.4%^[1],肥胖已经成为全球性公共卫生危机。肥胖会导致心脑血管疾病、2型糖尿病、非酒精性脂肪肝等相关代谢疾病,严重损害人体健康^[2]。究其本

质,肥胖的发生与白色脂肪异常扩增导致脂毒性物质堆积、交感神经活性抑制、下丘脑神经元功能失衡及慢性低度炎症微环境形成密切相关,并且脂肪组织自噬失调、胃肠道功能紊乱也会进一步加剧能量代谢稳态崩溃^[3-8]。目前,常见的肥胖治疗药物虽然能减轻体重,但长期使用会造成胃肠道不适、心率异常、头痛失眠和低血糖等一系列不良反应,并且药物治疗肥胖靶点单一,难以满足肥胖多层次病理机制干预的需求^[9-10]。研究显示^[11],针灸作为生活方式干预的辅助疗法,可明显改善单纯性肥胖患者的体质量、体质指数(body

作者简介:薛廷政,Email:1163077144@qq.com,

研究方向:针灸治疗肥胖机制研究。

通信作者:梁凤霞,Email:fxliang5@hotmail.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:82274634)。

优先出版:https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20250827.1457.028

(2025-08-28)

mass index, BMI)、腰围及体脂率,并有效调节血糖和血脂代谢。此外,临床中显示针灸安全性良好,提示其作为肥胖综合管理补充手段的临床潜力。因此,本文从脂肪重塑、中枢稳态重建的多靶点干预策略予以综述,以期对针刺肥胖治疗提供了新的生物学视角。

1 脂肪组织重塑

在肥胖病理状态下,机体呈现脂肪组织的病理性增生与异常堆积,其发生机制涉及多个原因。基于现代医学研究进展,针刺干预通过多靶点调控机制抑制脂肪蓄积的作用途径可从以下 5 个维度进行系统阐释。

1.1 针刺诱导白色脂肪棕色化

脂肪组织依据代谢特性分为白色脂肪组织(white adipose tissue, WAT)、米色脂肪组织 (beige adipose tissue, BeAT)和棕色脂肪组织(brown adipose tissue, BAT)3种亚型,协同调控能量稳态^[12]。WAT 储能为主但产热低下易致代谢性疾病,BeAT 通过诱导线粒体解耦联蛋白 1(uncoupling protein 1, UCP1)表达实现适应性产热,BAT 则通过高密度线粒体和 UCP1 介导高效非战栗产热^[13]。肥胖状态下,BAT、BeAT 发生“白化”现象,导致脂肪产热功能障碍^[3]。

针刺通过构建多维度调控网络诱导白色脂肪棕色化,其核心机制聚焦于激活脂肪中 UCP1 表达。在血管重塑层面,针刺通过激活肥胖大鼠 WAT 中磷脂酰肌醇 3-激酶(Phosphatidylinositol 3-Kinase, PI3K)/磷酸酶和张力蛋白同源物(phosphatase and tensin homolog, Pten)/血小板反应蛋白 1(thrombospondin 1, Thbs1)通路增加血管密度,改善脂肪组织灌注,增加 UCP1 表达,促进脂肪产热^[14]。在交感神经调控方面,针刺可增强肥胖大鼠 WAT 中交感神经活性,促进脂肪产热,诱导脂肪棕色化^[15]。此外,研究发现,针刺激活肥胖大鼠 WAT 中 AMP 活化蛋白激酶 α (AMP-activated protein kinase α , AMPK α)/沉默调节蛋白 1(silent mating type information regulation 2 homolog 1, Sirt1)信号通路,以增加脂肪产热,促进脂肪褐变^[16]。此外,基于 BAT 的产热功能与 BAT 中过氧化物酶体增殖物激活受体 γ 共激活因子 1 α (peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator 1 α , PGC-1 α)和鸢尾素(irisin)的表达水平密切相关^[17],张艳倩等^[18]研究表明,针刺通过激活肥胖大鼠 WAT 中 PGC-1 α /Irisin/UCP1 信号通路,促进脂肪组织棕色化。同时,针刺可明显提升肥胖大鼠 WAT 中环磷酸腺苷依赖性蛋白激酶 A (protein kinase A, PKA)-磷酸化环磷酸腺苷反应元件结合蛋白(phosphorylated cAMP response element binding protein, p-CREB)的水平促进产热相关基因 UCP1 的转录,促进白色脂肪棕色化^[19]。由上可知针刺能通过多个通路上调脂肪组织 UCP1 表达,促进脂肪组织棕色化。

1.2 针刺抑制脂肪组织自噬过度激活

肥胖进程中 WAT 自噬呈现动态双向调控特征,能量过载引发脂肪细胞肥大,通过内质网应激(endoplasmic reticulum stress, ER stress)触发未折叠蛋白反应(unfolded protein

response, UPR)通路并上调自噬相关基因;微管相关蛋白 1 轻链 3(microtubule-associated protein 1 light chain 3, LC3)和 Bcl-2 相互作用蛋白 1(Bcl-2 interacting protein 1, Beclin-1)等表达,但持续性 ER stress 导致自噬体-溶酶体融合障碍;同时线粒体功能障碍产生的活性氧物种(reactive oxygen species, ROS)协同肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor alpha, TNF- α)、白细胞介素-6(interleukin 6, IL-6)激活 c-Jun 氨基末端激酶(c-Jun N-terminal kinase, JNK)/核因子 κ B(nuclear factor kappa B, NF- κ B)信号,形成代谢代偿性自噬。因此,自噬呈现代谢双刃剑效应,适度激活可清除受损细胞器维持脂稳态,而脂肪组织过度自噬则导致脂毒性增加,加重肥胖状态^[6]。

针刺通过靶向自噬关键节点调控脂肪代谢稳态。研究表明,针刺上调肥胖大鼠 WAT 中自噬适配器蛋白 p62、自噬适配器蛋白 1(sequestosome 1, SQSTM1)表达,降低微管相关蛋白轻链 3 II 型(microtubule-associated protein 1 light chain 3 II, LC3-II)/微管相关蛋白轻链 3 I 型(microtubule-associated protein 1 light chain 3 I, LC3-I)比值、Beclin-1 和 LC3 水平,抑制过度自噬^[20-21]。并且针刺亦能激活肥胖大鼠 WAT 中沉默信息调节因子 2 相关酶 3(silent information regulator 2 homolog 3, Sirt3),以调节 WAT 中自噬相关蛋白表达改善线粒体功能,减少自噬体异常堆积^[22]。此外,针刺也能激活肥胖大鼠 WAT 中哺乳动物雷帕霉素靶蛋白(mammalian target of rapamycin, mTOR)/p70 核糖体蛋白 S6 激酶(p70 ribosomal protein S6 kinase, p70S6K)信号轴抑制脂肪过度自噬^[23]。综上所述,针刺通过不同信号通路调节自噬相关蛋白、抑制脂肪组织过度自噬和改善线粒体功能,从而起到维持脂肪代谢稳态和减轻肥胖的作用。

1.3 针刺调节炎症-免疫稳态

肥胖状态下,脂肪细胞免疫调节功能失调及微环境失衡驱动脂肪组织慢性炎症,具体表现为促炎因子异常分泌,如脂肪中 TNF- α 和 IL-6 分泌增加,同时激活脂肪中 M1 型巨噬细胞及增强 Toll 样受体 4(Toll-like receptor 4, TLR4)/NF- κ B 信号轴,加剧炎症-肥胖恶性循环^[5]。

针刺能够通过多维度抗炎机制改善肥胖相关代谢紊乱。在外周免疫层面,针刺下调肥胖大鼠 WAT 中 TNF- α 、IL-6 等促炎因子的表达,上调白细胞介素 10(interleukin 10, IL-10)表达,促进脂肪组织 M2 型巨噬细胞极化^[20, 24]。同时,针刺也能恢复肥胖大鼠 WAT 中 2 型固有淋巴细胞(group 2 innate lymphoid cells, ILC2)在白色脂肪组织中的比例并增强其分泌白细胞介素-5(interleukin 5, IL-5)、白细胞介素-13(interleukin 13, IL-13)、白细胞介素-33(interleukin 33, IL-33)及 IL-13 受体(interleukin 33 receptor, ST2)的能力,激活 ILC2 介导的免疫调节通路,继而增加脂肪产热,起到减轻体质量的作用^[25]。此外,针刺也能激活肥胖大鼠 WAT 中 Sirt1 的表达,起到抑制 NF- κ B 及 IL-6 启动子区 H3K9 去乙酰化的作用,以减轻体质量^[26-27]。综上所述,针刺不仅能抑制脂肪中促炎因子的分泌还能恢复免疫细胞功能从而减轻脂肪炎症。

1.4 针刺改善脂肪组织交感神经活性

脂肪组织中交感神经通过释放去甲肾上腺素(norepinephrine, NE)作用于脂肪细胞表面的 $\beta 3$ -肾上腺素能受体($\beta 3$ -adrenergic receptor, $\beta 3$ -AR),促进脂肪分解^[28]。值得注意的是,肥胖呈现交感神经活性双相改变:系统性交感亢进与脂肪组织交感神经活性、敏感性降低并存^[29-33]。机制研究揭示,肥胖导致脂肪组织中交感神经抑制的原因可能与交感神经相关的巨噬细胞(sympathetically associated macrophages, SAMs)通过去甲肾上腺素转运蛋白(solute carrier family 6 member 2, SLC6A2)和单胺氧化酶A(monoamine oxidase A, MAOA)异常清除NE有关^[34],同时肥胖状态下脂肪分泌促炎免疫调节因子增多,导致神经营养因子分泌降低、神经纤维退化^[4, 35-36]。

针刺通过外周与免疫调节机制激活脂肪交感神经活性。在外周层面上,针刺上调肥胖大鼠WAT中酪氨酸羟化酶(tyrosine hydroxylase, TH)、腺苷A2A受体(adenosine A2A Receptor, A2AR)和 $\beta 3$ -AR表达增强NE信号传导^[15, 32],同时针刺也促进肥胖大鼠WAT中神经调节蛋白4(neuroregulin 4, Nrg4)分泌促进交感神经生长^[16]。在免疫层面上,针刺减少肥胖大鼠WAT中SAMs数量并下调SLC6A2表达,降低NE清除效率,提高脂肪中交感神经敏感性^[33]。综上所述,针刺可能通过双重机制增强脂肪组织的交感神经活性,一方面通过促进神经调节蛋白分泌增加交感神经支配密度,另一方面通过抑制NE清除效率提升神经敏感性。

1.5 其他方式调节

在肥胖病理进程中,脂肪组织异常扩张表现为细胞增生与细胞肥大并存。针刺通过多维度机制调控这一病理改变。研究显示^[37],针刺能明显下调脂肪组织中脂质合成相关的基因表达,减少脂肪生成。进一步探索其机制,王雅媛等^[38]发现,针刺能够通过激活肥胖大鼠WAT中Sirt1,介导Wnt/ β -catenin信号通路,抑制脂质生成,从而改善肥胖。此外,Mei L等^[39]研究发现,针刺通过激活肥胖大鼠脂肪中端细胞(Telocytes, TCs)的形态与功能、增强细胞间通讯及外泌体介导的信号传递,调控脂肪代谢,最终减轻肥胖。由此可见,针刺也能通过抑制脂肪生成以及增强脂肪组织间通讯以减轻肥胖。

2 中枢稳态重建

肥胖可引发中枢神经系统功能重塑,病理特征表现为下丘脑摄食环路紊乱、下丘脑炎症反应异常激活及中枢脂肪代谢调控功能障碍。针刺通过中枢神经系统多靶点调节机制调控肥胖病理进程。

2.1 针刺调节下丘脑摄食环路

下丘脑通过瘦素-黑皮质素轴整合外周代谢信号,其核心核团弓状核(arcuate nucleus, ARC)的阿片黑皮质素原(proopiomelanocortin, POMC)神经元与神经肽Y(neuropeptide Y, NPY)/刺鼠相关肽(agouti-related peptide, AgRP)神经元形成

拮抗调控网络,分别发挥抑制食欲、促进能量消耗以及刺激摄食、降低代谢率的作用。肥胖状态下,瘦素抵抗或黑皮质素4受体(melanocortin 4 receptor, MC4R)信号通路缺陷可引发能量代谢设定点的病理性上调,引发NPY/AgRP神经元过度激活及能量消耗抑制,导致食欲亢进与能耗降低^[8]。

针刺能有效调节下丘脑-摄食中枢神经环路。针刺通过上调肥胖大鼠下丘脑中POMC表达和下调下丘脑中AgRP的表达,抑制进食量,控制体质量增长,改善能量代谢失衡^[40]。此外,针刺还通过上调肥胖大鼠下丘脑中Sirt1的表达,使叉头框蛋白O1(forkhead box O1, FoxO1)去乙酰化,激活下游POMC的表达,从而抑制食欲^[41-42]。同时,莫灿婷等^[43]研究证明,针刺可明显激活肥胖大鼠下丘脑瘦素(leptin)/Janus激酶2(Janus kinase 2, JAK2)/信号转导及转录激活因子5(signal transducer and activator of transcription 5, STAT5)信号通路,增强瘦素信号的敏感性以控制食欲,增加消耗。综上所述,针刺通过调控下丘脑POMC、AgRP神经表达、Sirt1-FoxO1表观遗传修饰及Leptin/JAK2/STAT5信号通路3级联机制,实现抑制食欲、改善代谢与体质量管理的协同效应。

2.2 针刺降低下丘脑炎症

下丘脑炎症在肥胖发病机制中起着重要的作用^[44]。下丘脑炎症可以激活下丘脑区小胶质细胞,触发神经炎症级联反应。机制分析表明,下丘脑炎症通过双重通路影响能量代谢调控:一方面抑制POMC神经元活性削弱饱食信号,另一方面激活AgRP/NPY神经元增强摄食驱动,最终导致能量摄入-消耗失衡和脂肪异常蓄积^[45]。针对这一病理机制,胡正博等^[46]研究发现,针刺通过修复肥胖大鼠血脑屏障(blood-brain barrier, BBB)完整性,抑制小胶质细胞活化,逆转下丘脑促炎微环境,降低下丘脑中TNF- α 、IL-6的表达,上调IL-10的表达,从而起到改善全身的代谢的作用。综上所述,针刺通过重塑下丘脑神经免疫微环境,逆转肥胖相关炎症级联反应,进而实现代谢稳态重建。

2.3 针刺通过中枢调控促进脂肪组织棕色化

值得注意的是,针刺还能通过中枢调控脂肪组织代谢,促进脂肪组织棕色化。在神经环路调控层面,祝叶等^[47]研究发现,针刺还通过中枢调控机制激活肥胖大鼠脑干孤束核(nucleus tractus solitarius, NTS)中胰高血糖素样肽-1(glucagon-like peptide-1, GLP-1)神经元,从而调节下丘脑腹内侧核(ventromedial hypothalamus, VMH)中AMP活化蛋白激酶(AMP-activated protein kinase, AMPK)的磷酸化,促进脂肪组织棕色化,减轻肥胖。此外,张英溶等^[48]研究发现,针刺可明显抑制肥胖大鼠下丘脑肝激酶B1(liver kinase B1, LKB1)/AMPK通路,从而解除其对脂肪组织交感神经输出的抑制作用,并促进白色脂肪组织棕色化。综上所述,针刺通过激活脑干GLP-1神经元促进下丘脑AMPK磷酸化,并抑制下丘脑LKB1/AMPK通路,从而调控中枢神经系统促进脂肪组织棕色化以减轻肥胖。针刺协同调节脂肪重塑和中枢稳态重建,见图1。

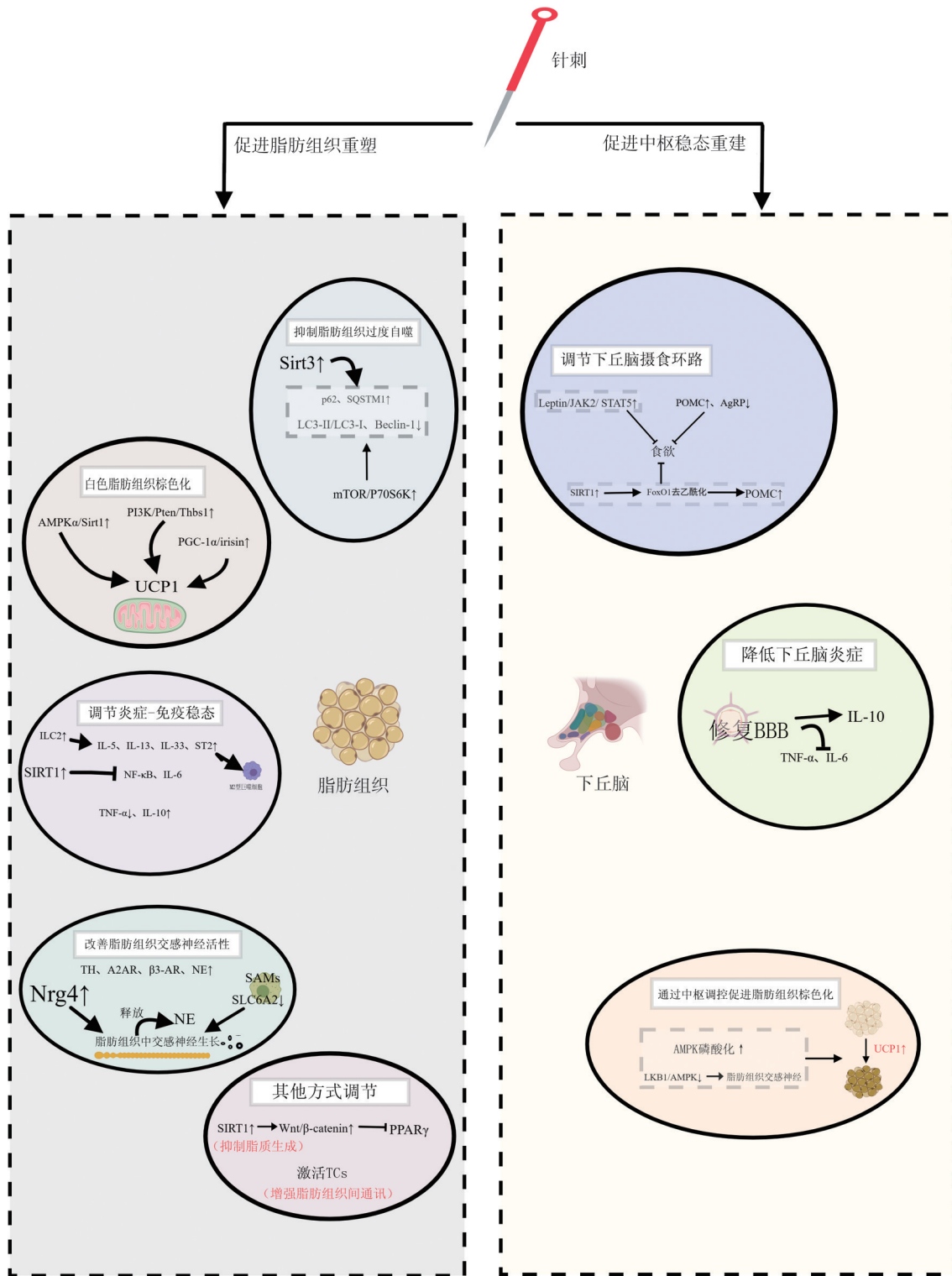


图1 针刺协同调节脂肪重塑和中枢稳态重建

3 针刺对抗肥胖的临床研究证据

近期,多项随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)不仅验证了针刺在减轻体质量、BMI、腰围及改善血糖

血脂等代谢指标方面的有效性^[49-50],更重要的是,这些研究为本文提出的“针刺通过脂肪重塑和中枢稳态重建协同治疗肥胖”的论点提供相关的临床证据。

在脂肪重塑方面,多项研究表明,针刺能有效减少脂肪堆积。周薇等^[51]研究发现,通过对腹部穴位及四肢脾胃经脉

的穴位进行 2 个疗程,共 30 次电针治疗后,体脂率明显下降,体质量减轻,并伴随进食量减少、食欲下降及便秘等症状改善。施银银等^[52]研究发现,通过脾胃经穴位配合辨证取穴针刺治疗 8 周,每周 3 次后,肥胖患者体质量、腰围、体脂肪率较治疗前均明显降低。

针刺疗法可通过调节中枢稳态发挥减重作用。姚红等^[53]采用以脐周 12 穴为主,配合足三里、梁丘、阴陵泉等穴位的针刺方案,隔日 1 次,共针刺 12 次后,发现肥胖患者 BMI 明显下降,食欲明显抑制,且 3 个月随访显示试验组热量摄入明显低于对照组。这一结果与本研究的结论一致,提示针刺可能通过下调促食基因表达、上调抑食基因表达,从而调控摄食环路,实现减重效应。此外,针刺还可能减轻血液中炎症反应。孙玲莉等^[54]研究发现,12 周脾胃经穴位针刺可降低肥胖患者血清 IL-6 水平。Ismail LA 等^[55]进一步证实,3~6 个月的饮食干预联合针刺治疗不仅能降低体脂率和体质量,还可减少血清 TNF- α 、IL-6 等促炎因子。由于血液中的炎症因子可透过受损的血脑屏障进入下丘脑,激活胶质细胞并引发炎症级联反应,进而加剧代谢紊乱^[46,56]。因此,针刺可能通过降低血液中炎症因子水平,保护血脑屏障完整性,进而减少下丘脑炎症,最终改善肥胖相关代谢异常。

综上,针刺疗法通过脂肪重塑与中枢稳态重建的双重机制对肥胖产生协同治疗作用。从中医理论来看,肥胖的发生发展与脾胃功能失调密切相关,因此在临床选穴位时主要以脾胃经穴位作为主穴,并依据患者个体体质进行辨证配穴。现有临床观察显示,该疗法尚未见明显不良反应,但需注意的是,不同治疗方案在疗程设置上存在明显差异。

4 从中医理论探讨针刺减肥的双重机制

中医认为肥胖的病机为本虚标实,本虚以脾胃功能失常为主,标实则与水湿、痰浊、瘀血等阻滞相关。临床常见胃强脾弱、脾胃俱旺和脾胃俱虚 3 种类型,其中以胃强脾弱型最为多见,表现为胃纳过亢而脾失健运,最终导致痰湿脂浊内生,形成肥胖^[57-58]。针灸减肥以足太阴脾经、足阳明胃经穴位为主,通过健运水湿、调畅气机和促进代谢来实现减重,体现了脾胃经在减肥机制中的重要作用^[59]。

脂肪组织的形成与脾主运化功能密切相关。脾运化水谷精微,若脾气虚弱,健运失司,水谷精微输布失常,脂质代谢紊乱,多余脂质留滞血脉化为脂浊,即“浊阴”之邪,此为脂肪组织形成的基础。同时,“阳化气不足,阴成形有余”,脾阳不足则推动气化功能减弱,导致白色脂肪堆积,而脾强时清阳得以卫外实四肢,有助于白色脂肪向棕色脂肪转化,减少脂肪堆积^[60]。多项研究证实,针刺脾胃经穴位可有效降低肥胖患者体脂率,并抑制脂肪组织的过度累积^[49-50],提示针刺能增强脾胃运化功能,减少脂肪堆积。

脾胃功能与中枢神经系统的双向调控机制呈现出多维度的理论对应性。脾胃化生气血、运化水谷精微上充于脑,并通过脾主升清输布清阳之气。功能正常时既保证脑脉充盈,又维持血液正常运行,反之若脾胃功能失常,则导致脑髓失养或痰蒙脑窍^[61]。从经络学说的理论视角观之,《灵枢·经

脉》记载足阳明胃经“上循发际至额颅”的循行路线,从经典理论层面构建了脾胃与脑在经络循行中的直接关联基础。现代实验研究进一步佐证^[62],刺激足阳明胃经的足三里、丰隆可增强脑电活动,由此提示通过调控胃经穴位,能够对中枢神经系统稳态发挥调节作用。值得关注的是,脑为“元神之府”,脑之神主导、统帅、调节全身脏腑经络之气和卫气循行^[63]。因此,脾胃功能失常会影响脑调节卫气运行的作用。《灵枢·本藏》提出“卫气者,所以温分肉,充皮肤,肥腠理,司开阖”的核心功能,揭示脑调节卫气输布,进而控制脂肪组织产热强度。这一理论框架为解释脑功能异常导致脂肪代谢障碍提供了传统与现代的双重视角,其中脑对脂肪产热功能的调控机制,恰与现代发现的交感神经-脂肪组织轴调控通路形成理论呼应。从病理机制而言,脾气虚弱则水液运化失职,进而酿生痰浊内停之变。中医理论中“痰浊”可对应现代医学的炎症因子复合体及脂毒性物质^[64]。肥胖时血清中炎症因子表达升高,可通过受损的血脑屏障进入下丘脑,激活小胶质细胞并引发神经炎症级联反应^[46]。这与《丹溪心法》“痰浊上蒙清窍则神机失用”的论述高度契合,痰浊(炎症因子)突破血脑屏障“清窍”,导致下丘脑炎症,形成“肥胖-炎症-神经损伤”的恶性循环。因此,一方面针刺可通过经络传导直接作用于中枢神经系统,调节其功能稳态,加强卫气的输布功能,恢复其对脂肪组织产热强度的正常调控,这一机制与现代交感神经-脂肪组织轴的通路形成理论对应。另一方面针刺能通过健脾化湿,从而阻止痰浊突破血脑屏障“上蒙清窍”,减轻神经炎症及下丘脑功能障碍,切断“肥胖-炎症-神经损伤”的恶性循环。

在以上的临床研究和动物实验机制研究中多选取脾胃经穴位进行针刺,借此调控脾胃运化以化痰湿,协同介导脂肪组织重塑和中枢稳态重建,形成“从脾论治,形神共调”的代谢系统调控网络。

5 小结与展望

肥胖作为多系统交互失衡的代谢性疾病。本文虽然提出针刺通过“脂肪重塑-中枢稳态重建”协同改善生物机体肥胖状态,但多层次调控网络的时空动态互作机制仍待深入解析。

近年来,研究发现 Sirt1 可作为研究针刺治疗肥胖的关键分子,在抗肥胖机制中发挥枢纽作用。Sirt1 主要通过刺激外周脂肪与中枢摄食协同调节肥胖。在外周脂肪调控方面,针刺激活脂肪组织中 AMPK/Sirt1/PGC-1 α 级联反应,增强线粒体生物合成及棕色脂肪产热^[16],并介导 FNDC5 去乙酰化,促进鸢尾素分泌,诱导脂肪褐变^[18]。同时也能通过 WAT 中 Wnt/ β -catenin 通路抑制脂肪生成^[38],并降低 WAT 中 NF- κ B 和 IL-6 启动子区 H3K9 乙酰化水平拮抗慢性炎症^[26-27]。在中枢摄食调控方面,针刺激活下丘脑 Sirt1/FoxO1 轴,通过去乙酰化作用解除 POMC 转录抑制,重塑能量稳态^[41-42]。可见,针刺能激活生物体内 Sirt1 表达,促进机体代谢。未来需深入探究针刺通过外周与中枢多维度协同激活 Sirt1 的分子互作网络,并推动基于 Sirt1 靶点的精准针灸抗

肥胖策略转化研究。

近年来发现,大脑和肌肉 ARNTL 样蛋白 1 (brain and muscle ARNTL-Like 1, Bmal1) 作为核心生物钟基因,调控昼夜节律及脂肪代谢,参与白色脂肪棕色化的分子机制。Bmal1 在脂肪重塑和中枢稳态重建起着关键作用。脂肪细胞中 Bmal1 直接调控 UCP1 等产热基因表达,并参与脂肪代谢关键因子的节律性激活,促进白色脂肪向棕色样表型转化。同时,下丘脑视交叉上核 (suprachiasmatic nucleus, SCN) 通过 Bmal1 协调全身生物钟节律,影响脂肪代谢相关激素分泌,间接调控脂肪组织能量平衡。中枢与脂肪组织中 Bmal1 通过神经-体液信号协同作用,增强脂肪组织产热能力,改善因昼夜节律紊乱导致的代谢失衡^[65]。未来研究需进一步解析 Bmal1 介导白色脂肪棕色化的时空特异性调控网络,并探索基于生物钟基因的中西医结合疗法在代谢性疾病防治中的应用潜力。

综上,临床研究及动物实验均证明针刺腹部及四肢部的脾胃经穴位能有效治疗肥胖。然而,在中医的指导下,针刺治疗肥胖是整体性作用,不是单一组织系统或单一分子。因此,当前研究仍存在以下局限性,首先机制研究多聚焦于单一分子或通路,缺乏对“穴位-神经-靶器官”多级调控网络的系统性解析。其次单独穴位效应特异性研究不足,经典配穴方案的生物学基础尚未完全阐明。最后临床研究设计标准化程度参差,疗效的量化关系亟待建立。未来有望推动针刺代谢调控理论向精准医学转化,为肥胖防治提供更具个性化的干预策略。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 薛廷政: 论文思路设计与撰写; 黄杨柳, 王雅媛, 宋燕娟, 唐倩, 田浩然负责文献收集与整理; 梁凤霞: 论文指导

参 考 文 献

- [1] Pan XF, Wang LM, Pan A. Epidemiology and determinants of obesity in China[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9(6): 373-392.
- [2] Popoviciu MS, Păduraru L, Yahya G, et al. Emerging role of GLP-1 agonists in obesity: a comprehensive review of randomised controlled trials[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(13): 10449.
- [3] Ziqubu K, Dlodla PV, Mthembu SXH, et al. An insight into brown/beige adipose tissue whitening, a metabolic complication of obesity with the multifactorial origin[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1114767.
- [4] Cui X, Jing J, Wu R, et al. Adipose tissue-derived neurotrophic factor 3 regulates sympathetic innervation and thermogenesis in adipose tissue[J]. *Nat Commun*, 2021, 12(1): 5362.
- [5] Bradley D, Deng T, Shantaram D, et al. Orchestration of the adipose tissue immune landscape by adipocytes[J]. *Annu Rev Physiol*, 2024, 86: 199-223.
- [6] Ciesielska K, Gajewska M. Fatty acids as potent modulators of autophagy activity in white adipose tissue[J]. *Biomolecules*, 2023, 13(2): 255.
- [7] Hu JQ, Guo PS, Mao R, et al. Gut microbiota signature of obese adults across different classifications[J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2022, 15: 3933-3947.
- [8] Purnell JQ, le Roux CW. Hypothalamic control of body fat mass by food intake: The key to understanding why obesity should be treated as a disease[J]. *Diabetes Obes Metab*, 2024, 26(Suppl 2): S3-S12.
- [9] Styne DM, Arslanian SA, Connor EL, et al. Pediatric obesity—assessment, treatment, and prevention: an endocrine society clinical practice guideline[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2017, 102(3): 709-757.
- [10] Wiszniewski PS, Wiszniewska M, Pernal G. Pharmacotherapy for overweight and obesity: past and current clinical practice, available medications and possible applications[J]. *Pediatr Med Rodz*, 2023, 19(4): 305-309.
- [11] Zhao X, Wang Y, Li X, Hu P, Pan XF, He B, Liu Y, Hu Y, Zhu T. Acupuncture as an Adjunct to Lifestyle Interventions for Weight Loss in Simple Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2024, 17: 4319-4337.
- [12] Czech MP. Mechanisms of insulin resistance related to white, beige, and brown adipocytes[J]. *Mol Metab*, 2020, 34: 27-42.
- [13] Peng YQ, Zhao LX, Li M, et al. Plasticity of adipose tissues: inter-conversion among white, brown, and beige fat and its role in energy homeostasis[J]. *Biomolecules*, 2024, 14(4): 483.
- [14] Gao HY, Li YH, Jin Y, et al. Electroacupuncture activates angiogenesis by regulating the PI3K/Pten/Thbs1 signaling pathway to promote the browning of adipose tissue in HFD-induced obese mice[J]. *Biomed Pharmacother*, 2023, 166: 115386.
- [15] 何燕, 陆梦江, 余芝, 等. 电针调控肥胖大鼠白色脂肪棕色化效应的穴位差异观察[J]. *时珍国医国药*, 2021, 32(12): 3037-3041.
- [16] He Y, Lu MJ, Yu Z, et al. Observation on acupoint difference of electroacupuncture regulating the browning effect of white fat in obese rats[J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2021, 32(12): 3037-3041.
- [17] 何昕璐, 李学智, 徐德伟, 等. 电针调控脂肪组织 AMPK/Sirt1 通路和 Nrg4 含量对中老年肥胖大鼠白色脂肪棕色化的影响[J]. *针刺研究*, 2023, 48(8): 764-772.
- [18] He XL, Li XZ, Xu DW, et al. Electroacupuncture intervention improves lipid metabolism and promotes browning of white adipose tissue by activating AMPK/Sirt1 pathway and up-regulating Nrg4 content in middle-aged and aged obese rats[J]. *Acupuncture Research*, 2023, 48(8): 764-772.
- [19] Medina-Gómez G. Mitochondria and endocrine function of adipose tissue[J]. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, 2012, 26(6): 791-804.
- [20] 张艳倩, 黄伟, 李佳, 等. 电针对肥胖大鼠白色脂肪组织 PGC-1 α /irisin/UCP1 信号通路的影响[J]. *中华中医药杂志*, 2022, 37(6): 3471-3474.
- [21] Zhang YJ, Huang W, Li J, et al. Effects of electroacupuncture on PGC-1 α /Irisin/UCP1 signaling pathway in white adipose tissue of obese rats[J]. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*, 2022, 37(6): 3471-3474.
- [22] 徐海, 董帆. 棕色脂肪治疗代谢相关性脂肪肝病及影像学评估研究进展[J]. *新医学*, 2022, 53(10): 723-726.
- [23] Xu H, Dong Z. Research progress on brown adipose tissue in treatment of metabolic-associated fatty liver disease and imaging evaluation[J]. *J New Med*, 2022, 53(10): 723-726.
- [24] 严江天, 曾林, 唐倩, 等. “标本配穴”电针调控脂肪组织自噬改善肥胖大鼠炎症[J]. *时珍国医国药*, 2023, 34(3): 744-747.
- [25] Yan JT, Zeng L, Tang Q, et al. Electroacupuncture of “Biaoben acu-

- points” improve inflammation in obese rats by regulating autophagy in adipose tissue[J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2023, 34(3): 744–747.
- [21] 姚俊鹏, 张林, 周思远, 等. 电针对高脂饮食诱导的肥胖大鼠白色脂肪组织中自噬相关蛋白表达的影响[J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(12): 7060–7065.
- Yao JP, Zhang L, Zhou SY, et al. Effects of electroacupuncture on autophagy-related protein in white adipose tissue of obese rats induced by high-fat diet[J]. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*, 2021, 36(12): 7060–7065.
- [22] Wang M, Sun ZC, Ou YG, et al. Electroacupuncture mediates fat metabolism and autophagy *via* a Sirt3-dependent mechanism in mice fed high-fat diet[J]. *Adv Biol (Weinh)*, 2024, 8(2): e2300370.
- [23] 姚俊鹏, 周思远, 鄢香芸, 等. 基于 mTOR/P70S6K 信号通路探讨电针对肥胖大鼠脂肪组织自噬的影响[J]. *中华中医药杂志*, 2022, 37(5): 2633–2638.
- Yao JP, Zhou SY, Yan XY, et al. Effects of electroacupuncture on autophagy in the adipose tissue of rats based on mTOR/P70S6K signaling pathway[J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2022, 37(5): 2633–2638.
- [24] Wang HF, Chen L, Xie Y, et al. Electroacupuncture facilitates M2 macrophage polarization and its potential role in the regulation of inflammatory response[J]. *Biomed Pharmacother*, 2021, 140: 111655.
- [25] 陈俊凯, 吴洋, 李文喆, 等. 电针通过调控 ILC2 功能和白色脂肪棕色化治疗肥胖大鼠的作用机制[J]. *世界针灸杂志*, 2024, 34(2): 138–146.
- Chen JK, Wu Y, Li WZ, et al. The regulatory effects of electroacupuncture on type 2 innate lymphoid cell (ILC2) function and browning of white adipose tissue in obese rats[J]. *World J Acupunct Moxibustion*, 2024, 34(2): 138–146.
- [26] 黄琪, 陈瑞, 彭苗, 等. 电针对肥胖大鼠脂肪组织 SIRT1/NF- κ B 信号通路的影响[J]. *中国针灸*, 2020, 40(2): 185–191.
- Huang Q, Chen R, Peng M, et al. Effect of electroacupuncture on SIRT1/NF- κ B signaling pathway in adipose tissue of obese rats[J]. *Chin Acupunct Moxibustion*, 2020, 40(2): 185–191.
- [27] 黄琪, 梁凤霞, 陈瑞, 等. 电针对肥胖大鼠脂肪组织白细胞介素 6 基因启动子区 h3k9 乙酰化水平的影响[J]. *中医杂志*, 2020, 61(4): 340–345.
- Huang Q, Liang FX, Chen R, et al. Effects of Electroacupuncture on H3K9 Acetylation Level in Interleukin 6 Gene Promoter of Adipose Tissue in Obese Rats[J]. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2020, 61(4): 340–345.
- [28] Martinez-Sanchez N, Sweeney O, Sidarta-Oliveira D, et al. The sympathetic nervous system in the 21st century: Neuroimmune interactions in metabolic homeostasis and obesity[J]. *Neuron*, 2022, 110(21): 3597–3626.
- [29] Agapitov AV, Correia ML, Sinkey CA, et al. Dissociation between sympathetic nerve traffic and sympathetically mediated vascular tone in normotensive human obesity[J]. *Hypertension*, 2008, 52(4): 687–695.
- [30] Lambert E, Sari CI, Dawood T, et al. Sympathetic nervous system activity is associated with obesity-induced subclinical organ damage in young adults[J]. *Hypertension*, 2010, 56(3): 351–358.
- [31] Dalmasso C, Leachman JR, Osborn JL, et al. Sensory signals mediating high blood pressure *via* sympathetic activation: role of adipose afferent reflex[J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2020, 318(2): 379–389.
- [32] Lu SF, Tang YX, Zhang T, et al. Electroacupuncture reduces body weight by regulating fat browning-related proteins of adipose tissue in HFD-induced obese mice[J]. *Front Psychiatry*, 2019, 10: 353.
- [33] Lu MJ, He Y, Gong MR, et al. Role of neuro-immune cross-talk in the anti-obesity effect of electro-acupuncture[J]. *Front Neurosci*, 2020, 14: 151.
- [34] Pirzgalska RM, Seixas E, Seidman JS, et al. Sympathetic neuron-associated macrophages contribute to obesity by importing and metabolizing norepinephrine[J]. *Nat Med*, 2017, 23(11): 1309–1318.
- [35] Duregotti E, Reumiller CM, Mayr U, et al. Reduced secretion of neuronal growth regulator 1 contributes to impaired adipose-neuronal crosstalk in obesity[J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 7269.
- [36] Riuzzi F, Chiappalupi S, Arcuri C, et al. S100 proteins in obesity: liaisons dangereuses[J]. *Cell Mol Life Sci*, 2020, 77(1): 129–147.
- [37] Wen CK, Lee TY. Electroacupuncture decreases the leukocyte infiltration to white adipose tissue and attenuates inflammatory response in high fat diet-induced obesity rats[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2014, 2014: 473978.
- [38] 王雅媛, 梁凤霞, 卢威, 等. 电针激活 SIRT1 介导 Wnt/ β -catenin 通路调控脂质生成改善肥胖的机制研究[J]. *中国针灸*, 2021, 41(7): 774–780.
- Wang YY, Liang FX, Lu W, et al. Mechanism of electroacupuncture for regulation of lipid production and improvement in obesity by mediating Wnt/ β -catenin pathway through activating SIRT1[J]. *Chin Acupunct Moxibustion*, 2021, 41(7): 774–780.
- [39] Mei L, Zhu QM, Bai XB, et al. Cellular evidence for telocytes mediating electroacupuncture to ameliorate obesity in mice[J]. *Microsc Microanal*, 2023, 29(5): 1746–1754.
- [40] 任加凤, 陈瑞, 黄琪, 等. 电针对肥胖大鼠下丘脑 POMC、AgRP 蛋白和基因表达的影响[J]. *中华中医药学刊*, 2020, 38(4): 75–79.
- Ren JF, Chen R, Huang Q, et al. Effect of electro-acupuncture on POMC AgRP protein and gene expressions in hypothalamus of obese rats[J]. *Chin Arch Tradit Chin Med*, 2020, 38(4): 75–79.
- [41] 宋燕娟, 陈瑞, 梁凤霞, 等. 电针对高脂饮食诱导的肥胖大鼠下丘脑沉默信息调节因子 1、叉头状转录因子 O1 及阿黑皮素原的影响[J]. *针刺研究*, 2020, 45(1): 27–32, 45.
- Song YJ, Chen R, Liang FX, et al. Effect of electroacupuncture on silent information regulator 1, fork head transcription factor O1 and proopiomelanocortin in the hypothalamus of rats with obesity induced by high-fat diet[J]. *Acupunct Res*, 2020, 45(1): 27–32, 45.
- [42] 黄琪, 陈瑞, 陈丽, 等. 电针激活沉默信息调节因子 2 相关酶 1 调控下丘脑食欲肽对肥胖大鼠代谢的影响[J]. *针刺研究*, 2019, 44(4): 270–275.
- Huang Q, Chen R, Chen L, et al. Electroacupuncture reduces obesity by improving metabolism and up-regulating expression of hypothalamic Sirtuin1 and proopiomelanocortin in obese rats[J]. *Acupuncture Research*, 2019, 44(4): 270–275.
- [43] 莫灿婷, 唐红珍, 谢汉兴, 等. 针刺对肥胖大鼠下丘脑 Leptin/JAK2/STAT5 信号通路的影响[J]. *中华中医药杂志*, 2022, 37(7): 4070–4073.
- Mo CT, Tang HZ, Xie HX, et al. Effects of acupuncture on Leptin/JAK2/STAT5 signaling pathway in hypothalamus of obese rats[J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2022, 37(7): 4070–4073.
- [44] Sewaybricker LE. The significance of hypothalamic inflammation and gliosis for the pathogenesis of obesity in humans[J]. *Endocr Rev*,

2021,42(4):389-403.

[45] 尤慧,林紫薇,曲伸.下丘脑炎症对肥胖的调控作用及其机制[J].中华内分泌代谢杂志,2020,36(2):165-169.

Hui Z, Lin ZW, Qu S, et al.Regulation and mechanism of hypothalamic inflammation on obesity[J]. Chinese Journal of Endocrinology and Metabolism, 2020, 36(2): 165-169.

[46] 胡正博,周钰点,杨姝瑞,等.电针对肥胖大鼠血脑屏障及中枢炎症反应的影响[J].针刺研究,2024,49(12):1274-1281.

Hu ZB, Zhou YD, Yang SR, et al.Effect of Electroacupuncture on Blood-brain Barrier and Central Inflammation in Obese Rats[J]. Acupuncture Research, 2024, 49(12): 1274-1281.

[47] 祝叶,田峻,邵雨薇,等.电针通过调控中枢GLP-1促进白色脂肪褐色化改善肥胖的机制研究[J].针刺研究,2023,48(8):727-735,790.

Zhu Y, Tian J, Shao YW, et al. Electroacupuncture improves obesity and promotes white adipose tissue browning by regulating central glucagon-like peptide-1[J]. Acupunct Res, 2023, 48(8): 727-735, 790.

[48] 张英溶,张艳佳,黄伟,等.电针调控下丘脑LKB1/AMPK信号通路对肥胖小鼠白色脂肪棕色化的影响[J].针刺研究,2024,49(3):218-231.

Zhang YR, Zhang YJ, Huang W, et al. Electroacupuncture intervention promotes browning of white adipose tissue by regulating LKB1/AMPK pathway in obese mice[J]. Acupunct Res, 2024, 49(3): 218-231.

[49] Gao YL, Wang Y, Zhou J, et al. Effectiveness of electroacupuncture for simple obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2020, 2020: 2367610.

[50] Kang J, Shin WC, Kim KW, et al. Effects of electroacupuncture on obesity: a systematic review and meta-analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(2): e36774.

[51] 周薇,周仲瑜,胡锋,等.电针与穴位埋线疗法治疗单纯性肥胖临床对比研究[J].辽宁中医杂志,2020,47(9):156-159.

Zhou W, Zhou ZY, Hu F, et al. Clinical Comparative Study on Electroacupuncture and Acupoint Catgut Embedding Therapy for Treatment of Obesity[J]. Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020, 47(9): 156-159.

[52] 施银银,李贞,蔡宏.选择性非接触式射频设备结合中医针刺治疗腹型肥胖的临床疗效观察[J].中国医疗美容,2023,13(5):38-42.

Shi YY, Li Z, Cai H. Clinical observation of selective non-contact radio-frequency equipment combined with traditional Chinese medicine acupuncture in the treatment of abdominal obesity[J]. China Medical Cosmetology, 2023, 13(5): 38-42.

[53] 姚红,陈健雄,张子谦,等.针刺对单纯性肥胖患者食欲的影响[J].针刺研究,2012,37(6):497-501.

Yao H, Chen JX, Zhang ZQ, et al. Effect of acupuncture therapy on appetite of obesity patients[J]. Acupunct Res, 2012, 37(6): 497-501.

[54] 孙玲莉,王晓霞,杨栓柱,等.“引气归元健脾胃”针法治疗脾虚湿阻证单纯性肥胖的效果[J].临床医学研究与实践,2024,9(25):130-133.

Sun LL, Wang XX, Yang SZ, et al. Effect of “invigorating spleen and stomach via leading Qi to its origin” acupuncture method in the treatment of simple obesity with spleen deficiency and dampness obstruction syndrome[J]. Clinical Research and Practice, 2024, 9(25): 130-133.

[55] Ismail LA, Ibrahim AA, Abdel-Latif GA, et al. Effect of acupunc-

ture on body weight reduction and inflammatory mediators in Egyptian obese patients[J]. Open Access Maced J Med Sci, 2015, 3(1): 85-90.

[56] Huang XW, Hussain B, Chang JL. Peripheral inflammation and blood-brain barrier disruption: effects and mechanisms[J]. CNS Neurosci Ther, 2021, 27(1): 36-47.

[57] 吴春琴,倪英群.从脾虚湿盛论治肥胖临证经验[J].中医药临床杂志,2024,36(7):1244-1247.

Wu CQ, Ni YQ. Clinical experience of treating obesity from spleen deficiency and dampness[J]. Clin J Tradit Chin Med, 2024, 36(7): 1244-1247.

[58] 巴明玉,陈亚琳,王娟,等.毛德西从脾胃升降论治肥胖症[J].中医学报,2023,38(7):1502-1505.

Ba MY, Chen YL, Wang X, et al. Experience of professor MAO dexi in treating obesity from perspective of spleen qi ascending and stomach qi descending[J]. Acta Chin Med, 2023, 38(7): 1502-1505.

[59] 符志强.论脾胃经与针灸减肥[J].新中医,2008,40(8):105-106.

Fu ZQ. On Spleen and Stomach Meridian and acupuncture weight loss[J]. J New Chin Med, 2008, 40(8): 105-106.

[60] 杨敏春,张光霁.从脾主运化角度探讨“清阳”“浊阴”与白色脂肪棕色化的关系[J].中华中医药杂志,2017,32(12):5281-5284.

Yang MC, Zhang GJ. Discussion on the relation between Qingyang, Zhuoyin and browning of white adipose tissue from the prospective of spleen governing transportation and transformation[J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2017, 32(12): 5281-5284.

[61] 邹雅.从中医脾胃思想论治脑病的思想探析[J].中医临床研究,2024,16(2):82-85.

Zou Y. Discussion on treating encephalopathy from the spleen and stomach theory of TCM[J]. Clinical Journal of Chinese Medicine, 2024, 16(2): 82-85.

[62] Yin N, Wang AX, Wang HL. Electroencephalogram analysis of magnetic stimulation at different acupoints[J]. Front Neurosci, 2022, 16: 848308.

[63] 程永.中医“神主导气”作用途径探究[J].中医药信息,2023,40(11):63-70.

Chen Y. Exploration of the action pathway of “spirit governing qi” in traditional Chinese medicine[J]. Information on TCM, 2023, 40(11): 63-70.

[64] 刘培,俞赞丰,杨欣雨,等.基于“痰、瘀、毒”理论探讨冠心病炎症机制和中药干预策略[J].中国实验方剂学杂志,2023,29(12):185-191.

Liu P, Yu YF, Yang XY, et al. Inflammatory Mechanism of Coronary Heart Disease and Intervention Strategies of Chinese Medicine Based on “Phlegm, Stasis, Toxin” Theory[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2023, 29(12): 185-191.

[65] 高扬,杨婷婷,于亮.时钟基因Bmal1:白色脂肪棕色化的重要调控点[J].中国运动医学杂志,2023,42(6):493-500.

Gao Y, Yang TT, Yu L. Bmal1: A Core Circadian Regulator of White Adipose Tissue Browning[J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2023, 42(6): 493-500.

(收稿:2025-04-19;修回:2025-08-10;录用:2025-08-11)

(责任编辑:周一青)

本文引用格式:

薛廷政,黄柳杨,王雅媛,等.针刺调控脂肪重塑与中枢稳态协同治疗肥胖的研究进展[J].重庆医科大学学报,2026,51(2):190-197.