DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.08.032

基于红外热成像技术探讨针刺治疗抑郁模型大鼠对少阳枢机的影响

刘舰遥,任路,马贤德,王干一,吕琴,冯诗雨
(辽宁中医药大学,辽宁 沈阳 110847)

摘要:目的 应用红外热成像技术观察针刺治疗、nNOS-PSD-95复合物对抑郁模型大鼠异常红外热图特征的影响。方法 选择SPF级SD大鼠,随机分为正常组、模型组(腹腔注射利血平0.2 mg·kg^{-1}·d^{-1})、针刺组、ZL006组,正常组和模型组各9只,余组各8只,观察体质量、肛温变化;采用旷场实验、糖水偏嗜实验、强迫游泳实验观察抑郁样行为;采用机械痛阈测定、挠头次数检测观察痛行为;干预后采用红外热成像仪观察大鼠热图特征;采用酶联免疫吸附法(Elisa)检测各组5-羟色胺(5-hydroxytryptamine,5-HT)表达水平,硝酸还原酶法检测一氧化氮(nitric oxide,NO)表达水平,Western blot检测神经保护因子(brain-derived neurotrophic factor,BDNF)含量。结果 干预前各组体质量、肛温及行为学差异无统计学意义($P>0.05$);干预后与正常组比较,余组体质量降低($P<0.001$),模型组和ZL006组肛温降低($P<0.01$,$P<0.001$);与模型组相比,针刺组肛温明显上升($P<0.01$);与模型组比较,针刺组和Zl006组改善抑郁样行为($P<0.05$,$P<0.001$)和痛行为($P<0.05$,$P<0.01$,$P<0.001$),下调海马CA3区NO表达水平($P<0.01$),上调BDNF表达水平($P<0.001$),针刺组上调海马CA3区5-HT表达水平($P<0.01$);红外热成像图显示,干预后与正常组相比,模型组头部平均温度、躯干部平均温度和尾根部最低温度均降低($P<0.05$,$P<0.01$),风池、阳白平均温度差(△T)升高($P<0.01$,$P<0.001$),肾俞△T降低($P<0.05$);与模型组相比,针刺组和ZL006组躯干部平均温度、尾根部最低温度均升高($P<0.05$,$P<0.01$),少阳经穴风池、阳白△T降低($P<0.01$,$P<0.001$),针刺组肾俞△T升高($P<0.01$)。结论 抑郁模型大鼠红外热成像特征存在体表整体和肾俞穴相对低温而头部部分少阳经穴相对高温的"寒象",针刺可能通过调节少阳枢机以调整"寒象"并发挥抗抑郁作用,nNOS-PSD-95复合物可能影响少阳枢机功能。

关键词:针刺治疗;抑郁;红外热成像;nNOS-PSD-95
中图分类号:R245 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)08-0153-07

Exploring Effect of Acupuncture Treatment on Shaoyang Pivot in Depression Model Rats Based on Infrared Thermography

LIU Jianyao, REN Lu, MA Xiande, WANG Ganyi, LYU Qin, FENG Shiyu
(Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110847, Liaoning, China)

Abstract: *Objective* To observe the effects of acupuncture treatment and nNOS-PSD-95 complex on abnormal infrared thermal imaging features in depression model rats using infrared thermography. *Method* Fifty SPF grade SD rats were selected and randomly divided into 6 groups, including normal group, model group (intraperitoneal injection of 0.2 mg·kg^{-1}·d^{-1} of reserpine), acupuncture group, ZL006 group. There were 9 rats in the normal group and model group, and 8 rats in each of the remaining groups. The changes in body weight and anal temperature were observed. Open field test, sucrose preference test and forced swimming test were applied to observe depression like behaviors. The mechanical pain threshold measurement and head scratching frequency detection were used to observe thee pain behaviors. After intervention, infrared thermal imaging device was used to observe the characteristics of infrared thermal imaging of the rats. Enzyme linked ELISA was used to detect the expression levels of 5-hydroxytryptamine (5-HT) in each group, nitrate reductase method was used to detect the expression levels of nitric oxide (NO), and Western blot was used to detect the expression levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) content. *Result* - There were no significant differences in body weight, anal temperature or behavior among the groups before intervention ($P>0.05$). After intervention, compared with those of the normal group, the weight of the remaining groups decreased ($P<0.001$), and the anal temperature of the model group and ZL006 group decreased ($P<0.01$, $P<0.001$). Compared with those in the model group, the anal temperature in the acupuncture group significantly increased ($P<0.01$). Compared with the model group, the acupuncture group and Zl006 group improved depressive like behavior ($P<0.05$, $P<0.001$) and pain behavior ($P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$), down-regulated the expression levels of NO in the hippocampal CA3 region ($P<0.01$), up-regulated

基金项目:国家自然科学基金项目(82274665);辽宁省特聘教授项目(辽教发〔2015〕153号);辽宁省高等学校创新团队项目(辽教函〔2018〕479号)
作者简介:刘舰遥(1989-),女,辽宁沈阳人,博士在读,研究方向:针灸治疗情志病机制。
通讯作者:任路(1966-),女,四川巴县人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中医情志病基础与临床。E-mail:lnzyxkc@sina.com。

BDNF expression levels ($P<0.001$) and up-regulated the expression level of 5-HT in the hippocampal CA3 region in the acupuncture group ($P<0.01$). Infrared thermal imaging showed that after intervention, compared with those of the normal group, the mean head temperature, the mean trunk temperature and the minimum tail temperature of the model group decreased ($P<0.05$, $P<0.01$), the mean temperature difference (△T) between "Fengchi (GB20?)" and "Yangbai (GB14)" increased ($P<0.01$, $P<0.001$), and the △T of "Shenshu (BL23)" decreased ($P<0.05$). Compared with those of the model group, the mean trunk temperature and the minimum tail temperature at the tail root of the acupuncture group and ZL006 group increased ($P<0.05$, $P<0.01$), the △T of Shaoyang, "Fengchi (GB20)" and "Yangbai (GB14)" decreased ($P<0.01$, $P<0.001$), and the △T of "Shenshu (BL23)" increased in the acupuncture group ($P<0.01$). *Conclusion* Infrared thermal imaging of depression model rats shows the "cold phenomenon" of relatively low temperature at the overall and "Shenshu (BL23)" on the body surface, while the partial Shaoyang meridian points on the head are relatively high temperature. Acupuncture may regulate the "cold phenomenon" and participate in the antidepressant effects by regulating the Shaoyang pivot, and nNOS-PSD-95 complex may affect Shaoyang pivot function.

Keywords: acupuncture treatment; depression; infrared thermal imaging; nNOS-PSD-95

抑郁症是以心境低落为主症的常见精神类疾病，其主症与中医"郁证"的"神颓志衰"类症状相似[1]，有调查显示，抑郁患者常以伴随的躯体化症状为主诉如疼痛、睡眠障碍来诊[2]，头痛、体质量减轻亦为常见症状[3]。《景岳全书·中兴论》："阳主神也"，本课题组前期研究显示，抑郁病机与肾阳气亏虚相关，针刺能通过升阳通督以促进肾精和脑髓互济，上调海马5-羟色胺（5-hydroxytryptamine，5-HT）能神经保护相关蛋白以治疗肾阳虚型抑郁症[4]，《灵枢·根结》："少阳为枢"，少阳为阳气转枢之处，针刺能调节少阳枢机。有研究显示，突触后致密蛋白-95（postsynaptic density-95，PSD-95）、神经元型一氧化氮合酶（neuronal nitric oxide synthase，nNOS）通过PDZ结构域相互作用形成复合物，激活nNOS生成高水平一氧化氮（nitric oxide，NO），促进氧化应激和亚硝化反应，间接抑制神经保护因子（brain-derived neurotrophic factor，BDNF）及相关通路[5]，参与抑郁症[6-7]和疼痛[8]发病。本研究拟通过红外热成像技术观察抑郁模型大鼠病证相关体表局部和经穴温度变化，探讨针刺治疗和nNOS-PSD-95复合物对少阳枢机相关病证特点的影响。

1 材料

1.1 动物

实验用SPF级8周龄SD大鼠购自辽宁长生生物技术股份有限公司，许可证号：SYXK（辽）2019-0004，共50只，雌雄各25只，体质量（200±50）g。

1.2 药物

利血平（83580，默克 Sigma-Aldrich）；ZL006｛4-[（3,5-Dichloro-2-hydroxybenzyl）amino]-2-hydroxybenzoic acid｝（HY-100456，MedChemExpress）；总一氧化氮检测试剂盒（S0023，Beyotime Biotechnology）；ST/5-HT（Serotonin/5-Hydroxytryptamine）ELISA Kit（E-EL-0033，Elabscience Biotechnology）。

1.3 主要试剂及仪器

华佗牌针灸针（0.18 mm×25 mm，苏州医疗器械）；高速电动匀浆机（FSH-Ⅱ，江苏金坛市环宇科学）；台式高速冷冻离心机（0510W30217D，上海安亭）；TMT红外热成像仪（TMT-9000，杭州新瀚光电科技）；Von Frey纤维丝测痛仪（上海玉研科学仪器）。

1.4 分组及给药

大鼠随机分为6组，其中4组为正常组、模型组、针刺组、ZL006组，其余2组不参与本论文红外热图特征研究，分别为针刺联合N-｛2-[（2-氧代氮杂环庚烷-3-基）氨甲酰]苯并噻吩-2-甲酰胺（N-1-benzothiophene-2-carboxamide，ANA-12）组、8-羟基-2-二丙基氨基四林氢溴酸盐（8-hydroxy-2-dipropylaminotetralin hydrobromide，8-OH-DPAT）组。正常组9只，雄鼠5只雌鼠4只，模型组9只，雄鼠4只雌鼠5只，余组各每组8只，雌雄各半，干预前正常组中1只雄鼠、模型组中1只雌鼠于干预前强迫游泳实验中死亡。除正常组外，余组均予腹腔注射利血平注射液0.2 mg·kg^{-1}·d^{-1}，持续28 d[9]。正常组予腹腔注射等体积0.9%氯化钠注射液。针刺组于造模第15天予毫针针刺，脑穴选取百会，位于大鼠顶骨正中，平刺5 mm[10]；双侧风池穴，位于大鼠颈后枕骨下胸锁乳突肌和斜方肌之间的凹陷处，向对侧眼球方向进针，深度约3 mm[10]；肾俞穴位于大鼠背部，第2腰椎下旁开5 mm之两旁肋间[11]；太冲位于后肢足背第1与第2跖骨间凹陷处，直刺1 mm[10]；留针20 min，1次/d，连续14 d。末次行为学检测前3 d予ZL006组nNOS-PSD-95复合物抑制剂ZL006注射液腹腔注射2.8 mg·kg^{-1}·d^{-1}，连续3 d[12]。

2 方法

2.1 观察一般情况

将带盒电子秤去皮调零，将大鼠放于盒中记录质量数值。在大鼠安静状态下，将电子温度计探头缓慢探入大鼠肛门约3 cm，约1 min后读取温度值。

2.2 行为学检测

2.2.1 旷场实验 用软件将100 cm×100 cm箱底划分为4×4等面积方格，将大鼠放于旷场箱自由活动5 min，摄像头同步实时观察，记录大鼠穿越格子数、水平移动总距离、两前爪离地行为次数、穿越方格数和中央区域停留时间，水平运动得分=水平移动总距离/穿越格子数，垂直运动得分=两前爪离地行为次数[13]。

2.2.2 糖水偏嗜试验 检测前24 h适应性训练大鼠饮1%蔗糖水，检测开始则更改为等体积纯水和1%蔗糖水各1瓶，24 h后观察糖水和纯水消耗量并计算糖水偏好率，糖水偏好率=蔗糖水消耗量/（蔗糖水消耗量+纯水消耗量）×100%，再次予同样糖水和纯水2瓶交换位置，24 h后观察并计算，取两次测量结果的平均值。

2.2.3 强迫游泳实验 将大鼠单只放入高60 cm、水深40 cm、水温25～28 ℃的塑料桶中，观察大鼠在水中游泳、爬壁和静止情况并记录静止状态累计时长作为不动时间。

2.2.4 挠头次数 干预后观察并记录大鼠3 h内出现前爪挠头行为的次数[14]。

2.2.5 机械痛阈测定 将大鼠置于安静环境中适应10 min，

采用 Von frey 机械刺激疼痛测试仪垂直刺激大鼠侧头部上眼睑和头正中线连线的中点的皮肤[14]，垂直刺激足底第3、4趾间的皮肤，从0.07 g开始逐级上调刺激量，直至刺激侧头部时出现躲避、嘶叫或甩头行为，刺激足底时出现缩足、舔足或嘶叫行为，记录出现上述痛行为的刺激量。每侧检测3次，每次刺激1 s，单次检测间隔30 s，取其刺激量平均值作为侧头部痛阈值和足底部痛阈值。

2.3 红外热成像检测

干预后、检测前1 d将大鼠剃毛，采用TMT-9000医用红外热像仪检测和拍摄大鼠红外成像热图，设置仪器检测参数如热图温度分辨率≤0.1 ℃，测温范围在15~42 ℃之间，将红外热像仪扫描室内温度调至22 ℃，相对湿度≤70%，排除其他干扰如强风和其他红外设备，将大鼠置于板上自然站立，放于扫描室内适应环境后置于距镜头60 cm、和镜头中心点在同一水平线的位置，调整摄像头焦距，使大鼠侧面热图整体轮廓清晰包括头面部、头颈部、躯干部、胸腹部和尾根部，待大鼠不动时拍摄热图[15]。以不规则形选择待测区域如头部、躯干和尾根部，检测并记录双侧头部最高温度、躯干平均温度、尾根部最低温度、头部平均温度，检测腧穴以大鼠风池、阳白和肾俞所在点区域范围内像素点检测并取平均温度，记录双侧风池、阳白与头部平均温度差ΔT，肾俞与躯干部平均温度差值ΔT，取双侧平均值[16-17]，阳白位于眼球直上3 mm，风池、肾俞定位同造模方法针刺取穴[18]。

2.4 标本采集及处理

行为学检测结束后予大鼠禁食24 h后10%水合氯醛麻醉取材，将大鼠断头取脑组织PBS清洗后将海马取出，存放于-80 ℃冰箱。

2.5 酶联免疫吸附法(Elisa)检测5-HT含量和硝酸还原酶法检测NO含量

将海马角3区(Cornu amoni 3，CA3)区称重、0.01 M PBS稀释5倍，高速匀浆制成10%的组织液，3000 r/min、4 ℃离心15 min，吸取上清液，按试剂盒说明书测组织液吸光度OD值，计算样品浓度。

2.6 蛋白质免疫印迹(Western blot)检测BDNF含量

将CA3区样本裂解、离心，用紫外分光光度计测定蛋白浓度。根据浓度定量按分组顺序滴加于12.5%丙烯酰胺变性凝胶孔中进行电泳，将凝胶与海绵、滤纸、甲醇浸泡5 min的聚偏二氟乙烯膜按说明书顺序叠加固定，在4 ℃下将蛋白质转至聚偏二氟乙烯膜上，BSA溶液室温封闭1.5 h，将膜置于BDNF(1∶750)4 ℃过夜以孵育一抗。次日TBST洗6次后将膜置于IgG(1∶2000)的5% BSA溶液中室温轻摇1 h以孵育二抗。TBST洗6次，平置于化学发光成像系统曝光取像，测定分析灰度值，结合内参得出表达水平。

2.7 统计学分析

采用SPSS 22.0统计软件对数据分析正态性、方差齐性后进行单因素方差分析或非参数检验，采用LSD或Tamhane或Kruskal-Wallis One-ANOVA进行两两比较，数据以$\bar{x} \pm s$表示，以$P<0.05$为差异有统计学意义。

3 结果

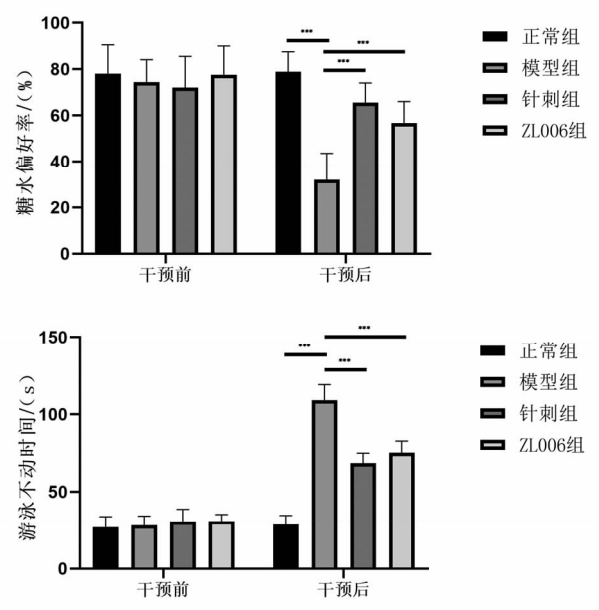
3.1 一般情况

各组干预结束后，与正常组相比，余组出现不同程度的体质量减低、体温减低、弓背、蜷缩、进食减少、眯眼、倦怠少动、小便频、皮毛稀疏少泽，以及频繁前爪挠头、频繁理毛的疼痛行为，以体质量、体温、少动、前爪挠头行为差异尤为明显。如插页XXⅦ图1干预前各组体质量和肛温差异无统计学意义($P>0.05$)，经过14 d的干预后，与正常组相比，模型组和ZL006组大鼠出现肛温明显下降($P<0.01$)，经过28 d的干预后，余组大鼠体质量明显降低($P<0.001$)，模型组和ZL006组肛温明显降低($P<0.01$，$P<0.001$)，与模型组相比，针刺组肛温明显上升($P<0.01$)。

3.2 行为学结果

3.2.1 糖水偏嗜实验 如图2干预前各组差异无统计学意义($P>0.05$)，干预后与正常组相比，模型组糖水偏好率明显下降($P<0.001$)；与模型组相比，针刺组和ZL006组明显升高($P<0.001$)。

3.2.2 强迫游泳实验 如图2干预前各组差异无统计学意义($P>0.05$)，干预后与正常组相比，模型组游泳不动时间明显增加($P<0.001$)；与模型组相比，针刺组和ZL006组明显减少($P<0.001$)。

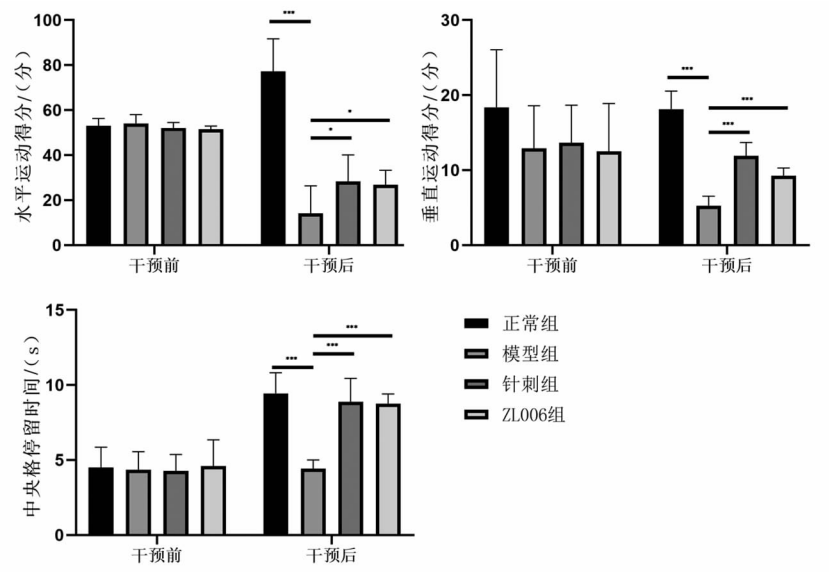


注：***$P<0.001$。

图2 各组大鼠干预前后糖水偏好率和游泳不动时间

3.2.3 旷场实验 如图3干预前各组差异无统计学意义($P>0.05$)，干预后与正常组相比，模型组的水平运动得分、垂直运动得分和中央格停留时间明显降低($P<0.001$)；与模型组相比，针刺组和ZL006组的水平运动得分、垂直运动得分和中央格停留时间均有明显增加($P<0.05$，$P<0.001$)。

3.2.4 机械痛阈测定 如插页XXⅦ图4干预前各组差异无统计学意义($P>0.05$)；经过7 d干预后，与正常组相比，模型组和针刺组侧头部痛阈值明显下降($P<0.01$)；14 d后余组侧头部痛阈值均明显下降($P<0.01$)，21 d后余组侧头部痛阈值均明显下降($P<0.05$，$P<0.01$)，模型组和ZL006组足底部痛阈值明显下降($P<0.05$)，与模型组相比，针刺组足底部痛阈值明显升高($P<0.05$)；26 d后与正常组相比，模型组和ZL006组侧头部痛阈值均明显下降($P<0.01$，$P<0.001$)，模型组足底部痛阈值明显下降($P<0.05$)；28 d的干预后，与正常组相比，余组侧头部痛阈值明显下降($P<0.05$，$P<0.01$)，模型组足底部痛阈值明显下降($P<0.01$)，与模型组相比，针刺组和ZL006组侧头部痛阈值和足底部痛阈值均有明显升高($P<0.05$，$P<0.01$，$P<0.001$)。



注：$*P<0.05$，$***P<0.001$。

图3 各组大鼠干预前后水平运动、垂直运动得分和中央格停留时间

3.2.5 挠头次数 如插页XXⅦ图4干预后，与正常组相比，模型组的挠头次数明显多于正常组（$P<0.001$）；与模型组相比，针刺组和ZL006组挠头次数明显少于模型组（$P<0.001$）。

3.3 红外热成像

如插页XXⅦ图5、图6干预后红外热成像图显示，各组头部最高温度未见明显差异（$P>0.05$），与正常组相比，模型组头部平均温度、躯干部平均温度和尾根部最低温度均明显降低（$P<0.05$，$P<0.01$），风池、阳白△T明显升高（$P<0.01$，$P<0.001$），肾俞△T明显降低（$P<0.05$）；与模型组相比，针刺组和ZL006组躯干平均温度、尾根部最低温度均明显升高（$P<0.05$，$P<0.01$）。如风池、阳白△T明显降低（$P<0.01$，$P<0.001$），针刺组肾俞△T明显升高（$P<0.01$），ZL006组未见明显改变（$P>0.05$）。

3.4 5-HT和NO含量

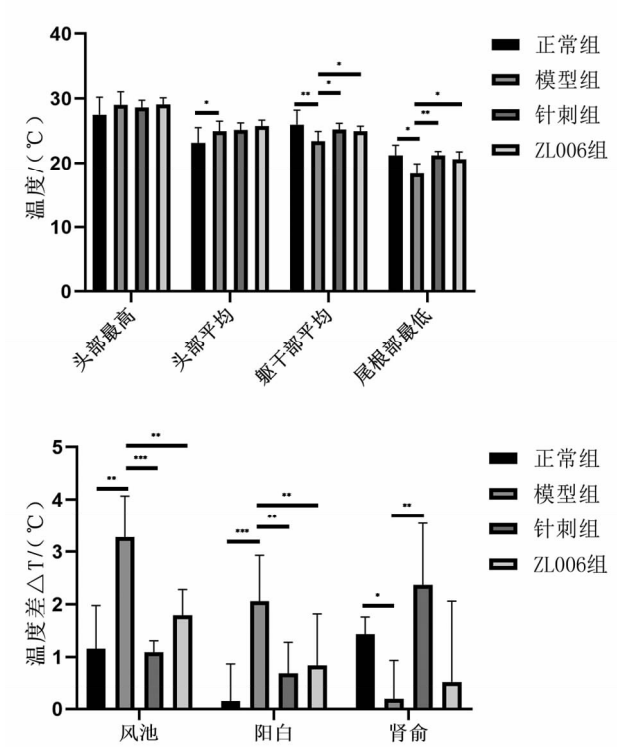
如图7所示干预后与正常组相比，模型组CA3区中5-HT含量明显减少（$P<0.001$），NO含量明显增多（$P<0.01$）；与模型组相比，针刺组5-HT含量明显增多（$P<0.01$），NO含量明显减少（$P<0.01$），ZL006组NO含量明显减少（$P<0.01$）。

3.5 BDNF表达水平

如图8干预后与正常组相比，模型组CA3区BDNF的表达水平明显减少（$P<0.001$）；与模型组相比，针刺组和ZL006组CA3区BDNF表达水平均明显增多（$P<0.001$）。

4 讨论

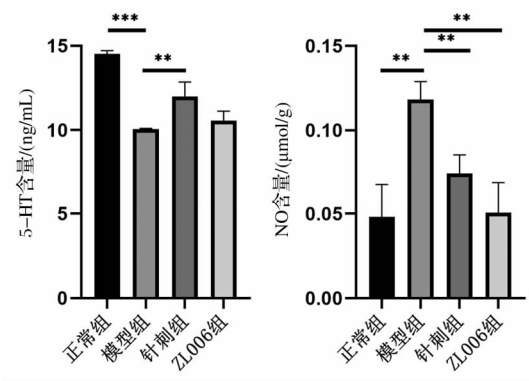
《素问·生气通天论篇》："阳气者，精则养神，柔则养筋，开阖不得，寒气从之"，神志和肢体的活动是阳气功能的体现，《素问·阴阳应象大论篇》："阳化气，阴成形"，阴中藏阳通过气化以助"阴升"，阳中藏阴通过成形以助"阳降"[19]。吾师认为，肾中阳气气化肾精化髓入脑进而潜降脑中阳气归元以调理脑神，肾与脑、"精"与"神"的物质功能转化是以阳气循经升降出入为媒介。少阳为阳气转枢之处，清·沈金鳌提出："夫少阳起于夜半之子，为肾之天根，其气上升"，下焦气升，为少阳之所出，少阳助肾升腾阴中阳气，《素问·天元纪大论篇》："少阳之上，相火主之"，少阳经络之气别通少阴，同寄相火，肾中



注：$*P<0.05$，$**P<0.01$，$***P<0.001$。

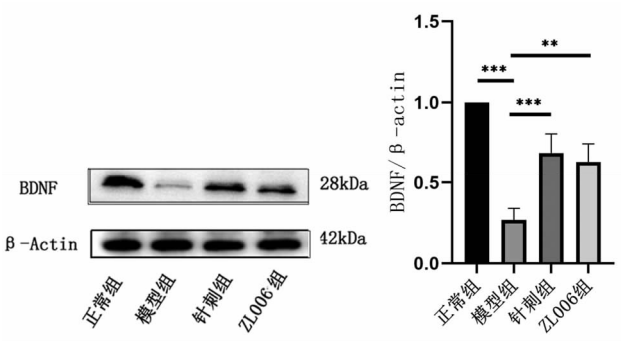
图6 各组大鼠红外热成像图特征

阳气亏虚，则相火不足以温煦少阳，使少阳枢机不利，阳气郁滞于三焦和局部经络[20]，肾精失阳气推动，温煦、气化，则脑髓不充，神机失用，发为抑郁，局部经络和相应脏腑功能发生改变，可能伴随躯体化症状，《素问·方盛衰论篇》曰："气上不下，头痛巅疾"，若阳火不降阻于头部少阳经络，使脑络气血壅滞或失养兼风火乘虚侵袭，可能发为头部少阳经循行部位疼痛的症状，形成阳气亏虚兼少阳经枢机不利的本虚标实证。单胺类递质耗竭剂利血平抑制囊泡再摄取5-HT，诱导抑郁样行为和海马结构损伤，是阳气气郁型抑郁模型的常用造模方法[9]，亦可



注：＊＊$P<0.01$，＊＊＊$P<0.001$。

图7 各组大鼠CA3区中5-HT、NO的含量



注：＊＊$P<0.01$，＊＊＊$P<0.001$。

图8 各组大鼠CA3区BDNF的表达水平

诱导痛行为[21]，与介导海马炎症反应、参与疼痛触发和持续状态的炎性递质NO的含量有关[22]。以和解少阳、疏肝利胆为主效的方药能调畅气机、降少阳郁火使少阳枢机功能恢复，可通过下调NO水平、抑制亚硝化反应改善阳气输布障碍以改善抑郁和疼痛表现[23-24]。针刺少阳经穴联合百会通督升阳、太冲可调节少阳枢机通过下调抑郁症和躯体疼痛相关脑区NO的表达改善疼痛和抑郁表现[25]。故推断NO毒性级联反应作为介导神经损伤的中间环节可能是少阳枢机不利导致阳气郁滞的生物学体现之一。BDNF正反馈回路参与改善抑制神经元炎症反应，改善阳虚抑郁模型抑郁样行为[26]，可发挥镇痛作用[27]。nNOS-PSD-95复合物抑制剂ZL006可通过抑制nNOS-PSD-95偶联下调NO表达以改善抑郁样行为[5]和痛行为[28]。本研究主要针对伴随疼痛躯体化症状的抑郁症展开，抑郁是疼痛发生、程度加重和慢性化的重要因素。本研究提示利血平可诱导快感缺失、绝望感加重、自主运动和探索行为减少的抑郁样行为，以及局部痛觉过敏、发作频率增加的痛行为，且出现相应的CA3区5-HT、NO、BDNF的表达水平改变。阳气亏虚机体失于温煦则肛温降低，蒸腾气化失司导致代谢出入量紊乱，阳气化形不足则体质量减低，运血无力则毛发少泽稀疏，阳虚则神弱及目出现眯眼。“一般情况”提示该模型可能诱导类似阳虚证的病症特点，痛觉行为改变提示该模型可能诱导类似偏头痛少阳经证的病症特点。

调节少阳枢机可降脑部阳气、升肾中精气，配合温补少阴以通少阳，调节阴阳枢机平衡以维持肾脑互济。针刺治疗从“调节少阳枢机”治疗思路出发，兼以补肾助阳、调神止痛。针刺“阳脉之海”督脉的百会能振奋阳气、醒脑定志止痛。风池为少阳经与阳维脉交会穴，针刺能调节少阳枢机，调控阳气升降，升清阳上达清窍滋养髓海以宁神，引少阳经壅热下行以清利头目止痛。太冲可协同调节少阳经气，调神止痛。肾俞临督脉以助升阳、补肾益髓，促进头部水火相济。临床研究显示，针刺百会、太冲能通达阴阳，行气止痛，头为阳位而藏阴，联合风池能通过降少阳郁火改善抑郁伴随躯体化疼痛表现[29]。四穴合用具有调节少阳枢机、平衡水火气机升降以益髓通络、调神止痛的功能，有效治疗阳虚气郁之“郁证”和伴随的疼痛躯体化症状，降低疼痛症状对“郁证”疗效的影响，减少抗抑郁药物的使用及其带来的不良反应，提高患者的依从性。本研究显示针刺治疗和nNOS-PSD-95解耦联能不同程度地改善抑郁样行为和伴随的痛行为，针刺能够调节模型海马中5-HT和NO含量，提示针刺可能通过升高CA3区中5-HT的表达水平、降低NO的表达水平改善抑郁样行为和伴随的痛行为。

红外热成像技术（infrared thermal imaging，IRTI）检测通过对病变局部循环、代谢的改变导致红外辐射热度和分布的改变的特异性来诊察病理脏腑和经络的定位和功能改变[30]，热图分析体表温度分布具有腧穴和循经特异性[31]，其特异性部位温度的测量可参照所在躯体局部平均温度得出相对差值ΔT[32]，可作为八纲辨证、脏腑经络辨证、三焦辨证特点的重要参考[33]。相关临床研究显示，红外热图有助于量化诊察六经枢机开阖不利导致的阴阳升降异常表现，如少阴别通少阳枢机不利导致相火上逆、气机壅滞，热图可见头面部、头颈部少阳经和督脉循经处偏高温[34]；如氢化可的松诱导的阳虚证模型小鼠热图的头部最高温度、头部平均温度、躯干部平均温度和尾根部最低温度均可见不同程度降低[15]。红外热成像是评估阳虚程度的重要指标[35]，旷场实验是评价气虚程度的重要指标之一[36]。本研究抑郁模型一般情况和行为学改变类似于《中医虚证辨证参考标准》的阳气虚证的表现[37]，《灵枢·平人绝谷》：“气得上下，五脏安定，血脉和利，精神乃居”，少阴阳气亏虚，少阳失相火温煦而枢机不利，导致水火气机升降失调，血脉不通，脑神失养，发为“郁证”，故可见模型组热图头部最高温度未明显改变、头部平均温度、躯干部平均温度和尾根部最低温度明显降低，呈现整体偏低温、头局部相对偏高温的“上热下寒”样分布兼肾俞低△T的表现。红外成像可参与鉴别情志病伴随的躯体化症状[38]，对于检测神经疼痛症状病变所在痛敏穴常可见特异性高温，如头痛患侧少阳经穴如率谷、风池、阳陵泉温度偏高，太冲和百会亦存在高温[17]，其疼痛发作部位温度与疼痛程度正相关[39]，可能与局部瘀血和血流速异常有关[40]。本研究基于头局部相对高温现象进一步观察热图，可见头部少阳经穴风池、阳白出现高△T，结合痛行为检测结果，类似少阳枢机不利，阳气郁滞局部少阳经脉，郁久邪实渐生，痹阻脑络引发的局部高温状态。故抑郁模型大鼠红外热成像特征存在体表整体和肾俞低温和头部部分少阳经穴相对高温的表现，结合肛温、旷场实验和机械痛阈测定结果，提示该抑郁模型可能存在阳气亏虚和少阳枢机不利的病理变化。

针刺腧穴得气后激发经络之气，所在局部出现温度改变[41]。相关研究显示，针刺可调节气机升降、恢复阳气气化功能使躯干部低温恢复[42]，可和解少阳，改善与抑郁症气滞程度相关的肝胆经循行部位高温状态[43]。本研究针刺组肛温有所上升，针刺组和ZL006组能改善模型“上热下寒”样“寒象”，降低头部少阳经穴的高△T，升高肾俞低△T，结合行为学检测结果，提示针刺可良性调整阳气输布以调整抑郁症病证相关局部腧穴温度，可能通过调节少阳枢机促进水火气机升降相济、疏

通脑髓气机和少阳经气血以调神止痛，从而改善抑郁样行为和痛行为，nNOS－PSD－95复合物可能影响阳气的输布、影响少阳枢机功能。

本研究通过观察抑郁模型大鼠病证特点、寒热属性和红外热图特征探讨针刺和神经递质NO对少阳枢机相关病理变化的局部调节作用，客观量化针刺治疗抑郁症中调和阴阳的作用仍需进一步探索。

参考文献

[1] 中华医学会精神科学会. 中国精神疾病分类方案与诊断标准[S]. 南京：东南大学出版社，1995：69－70.
[2] KIM D，KIM C Y，KOO H，et al. A novel animal model simulating the beginning of combat exposure[J]. Neuroimmunomodulation，2018，24(4－5)：211－219.
[3] ZHAO D M，WU Z G，ZHANG H F，et al. Somatic symptoms vary in major depressive disorder in China[J]. Compr Psychiatry，2018，87：32－37.
[4] 曹灵修，任路. 基于痛敏化和红外热成像技术探讨抑郁症(肾阳虚证)督脉经穴反应[J]. 中华中医药杂志，2023，38(3)：1287－1291.
[5] CAI C Y，CHEN C，ZHOU Y，et al. PSD－95－nNOS coupling regulates contextual fear extinction in the dorsal CA3[J]. Sci Rep，2018，8(1)：12775.
[6] DOUCET M V，HARKIN A，DEV K K. The PSD－95/nNOS complex：New drugs for depression?[J]. Pharmacol Ther，2012，133(2)：218－229.
[7] ANTONIOU G，LAMBOURG E，STEELE J D，et al. The effect of adverse childhood experiences on chronic pain and major depression in adulthood：a systematic review and meta－analysis[J]. Br J Anaesth，2023，130(6)：729－746.
[8] 刘凌云，吴迪，李清君，等. 甲醛炎性痛增强大鼠海马NOS表达和NO生成[J]. 中国应用生理学杂志，2007，23(1)：30－34，132.
[9] 李亚慧. 抑郁症的文献研究与天心解郁方的的实验研究[D]. 北京：中国中医科学院，2020.
[10] 郭义，方剑乔. 实验针灸学实验指导[M]. 3版. 北京：中国中医药出版社，2012：47－48.
[11] 李忠仁. 实验针灸学[M]. 北京：中国中医药出版社，2003：147.
[12] DOUCET M V，LEVINE H，DEV K K，et al. Small－molecule inhibitors at the PSD－95/nNOS interface have antidepressant－like properties in mice[J]. Neuropsychopharmacology，2013，38(8)：1575－1584.
[13] 刘冉，张堃，王文礼，等. 基于定量蛋白质组学探讨针刺对慢性不可预测温和应激抑郁大鼠的作用机制[J]. 针刺研究，2023，48(6)：533－540，584.
[14] 王佳. 三叉神经通路中CGRP介导针刺缓解大鼠偏头痛的作用机制研究[D]. 北京：中国中医科学院，2019.
[15] 钱宏梁，潘志强，方肇勤. 红外热像技术在小鼠阳虚证研究中的运用及其评价体系[J]. 中国实验动物学报，2019，27(6)：733－739.
[16] 葛千溪. 基于“阴阳二十五人”理论探讨肾阳虚体质青年人群红外热敏穴分布[D]. 沈阳：辽宁中医药大学，2023.
[17] 喻文. 无先兆偏头痛患者力敏腧穴分布规律及红外特征研究[D]. 南昌：江西中医药大学，2022.
[18] 中国针灸学会. 实验动物常用穴位名称与定位第2部分：大鼠[J]. 针刺研究，2021，46(4)：351－352.
[19] 郝银丽，王玉芳. 浅析阴阳升降理论[J]. 中国中医药现代远程教育，2013，11(23)：135.
[20] 王磊，许小敏，卢志伟，等. 基于术数阴阳及气论阴阳探讨阴升阳降的科学性[J]. 中华中医药杂志，2017，32(6)：2415－2417.
[21] 王晶，吴莎，许永崧，等. 芎附方对利血平致偏头痛模型小鼠的药效学研究[J]. 中华中医药学刊，2019，37(12)：2970－2973.
[22] 唐黎明，石劲敏，张素慧，等. 葛根总黄酮对利血平致偏头痛大鼠的保护作用[J]. 中成药，2014，36(1)：18－22.
[23] 许亚辉，吴佳佳，严志祎，等. 逍遥散对慢性应激抑郁大鼠海马一氧化氮合酶表达的影响[J]. 中华中医药杂志，2019，34(12)：5679－5683.
[24] 楼招欢，黄月芳，吕圭源，等. 天麻钩藤颗粒对利血平致偏头痛模型小鼠的影响[J]. 中华中医药杂志，2012，27(5)：1412－1415.
[25] 周钰，李秀娟，刘欢，等. 头针联合艾灸对缺血缺氧性脑损伤脑性瘫痪幼鼠记忆与学习能力及脑组织一氧化氮、谷胱甘肽过氧化物酶水平的影响[J]. 河北中医，2021，43(1)：107－110，153.
[26] 曹灵修. 肾阳虚型抑郁症“穴位敏化”研究及“温肾通督”针法对RAP1信号通路影响[D]. 沈阳：辽宁中医药大学，2021.
[27] 刘倩倩. 沃替西汀对坐骨神经分支损伤模型的镇痛和抗抑郁作用及机制研究[D]. 长春：吉林大学，2020.
[28] 孙伟翔. ZL006的镇痛作用及机制的研究[D]. 南京：南京医科大学，2012.
[29] 于学平，张鑫，刘晓莹. 醒脑安神针刺法治疗躯体形式疼痛障碍疗效观察[J]. 中国针灸，2015，35(1)：25－29.
[30] 林敏，魏海燕，赵玲，等. 近10年腧穴红外温度特性研究概况[J]. 中国针灸，2017，37(4)：453－456.
[31] 杨洪钦，谢树森，胡翔龙，等. 基于红外热像技术的经络现象及其时间相关性[J]. 红外与毫米波学报，2007，26(5)：340－343.
[32] 周浩，朱佳玲，江南，等. 亚健康阳虚体质人群躯干功能区红外热图特征初探[J]. 中华中医药杂志，2017，32(6)：2483－2486.
[33] 练毅刚，张文征，林欣潮，等. 红外热成像中医可视化研究进展[J]. 中医学报，2016，31(2)：225－227.
[34] 周娅妮，陈淋，刘静，等. 六经体质及其红外热成像特征[J]. 河南中医，2022，42(10)：1459－1466.
[35] 杨涛. 阿霉素联合羟基脲诱导大鼠CKD肾阳虚证模型的建立与评价及真武汤干预机制研究[D]. 北京：北京中医药大学，2020.
[36] 李晗. 基于正交法鉴定肾阳虚体质大鼠最优模型的研究[D]. 成都：成都中医药大学，2023.
[37] 沈自尹，王文健. 中医虚证辨证参考标准[J]. 中西医结合杂志，1986，6(10)：598.
[38] 邹卓杉. 综合医院疼痛门诊躯体症状障碍患者的临床特征分析及诊断提升研究[D]. 重庆：中国人民解放军陆军军医大学，2023.
[39] 廖璐. 红外热成像在针药结合治疗无先兆性偏头痛临床疗效评估中的应用[D]. 南昌：江西中医药大学，2022.
[40] 张文征，窦艳仙，安容姝，等. 应用红外热成像技术辨析疼痛性质和发病机制[J]. 北京中医药大学学报，2012，35(5)：355－357，封3.
[41] 王汇成，王而刚，张葆荣. 显现经络的理论根据、试验验证和显现经络的意义[J]. 中国针灸，2018，38(4)：391－397.
[42] 刘萌萌. 基于红外热成像技术探讨“气机升降针法”对阳虚体质针刺效应研究[D]. 保定：河北大学，2023.
[43] 宋玫静. 基于红外热成像技术探讨和解少阳针刺法治疗气郁质抑郁症的疗效观察[D]. 济南：山东中医药大学，2023.

基于红外热成像技术探讨针刺治疗抑郁模型大鼠对少阳枢机的影响

（正文见 153－158 页）

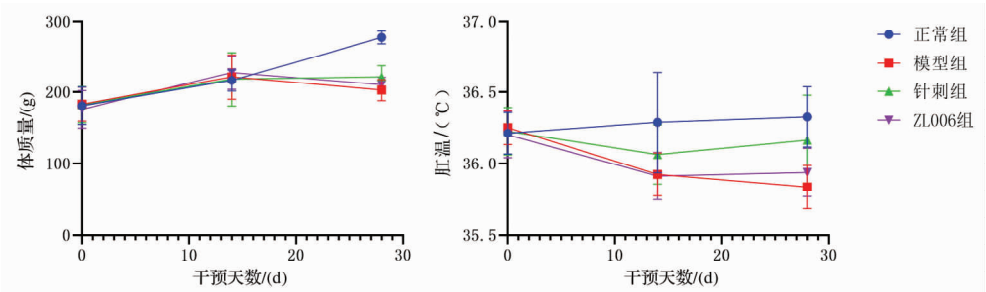
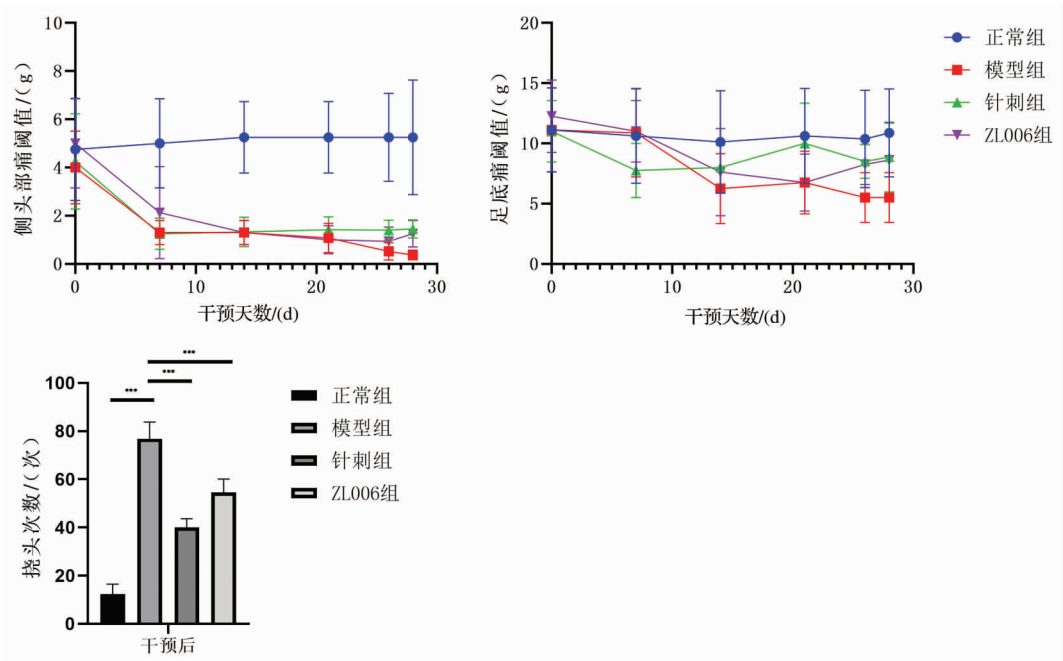


图 1　各组大鼠干预前后体质量、肛温变化



注：＊＊＊$P<0.001$。

图 4　各组大鼠干预前后侧头部机械痛阈值、足底机械痛阈值变化及干预后挠头次数

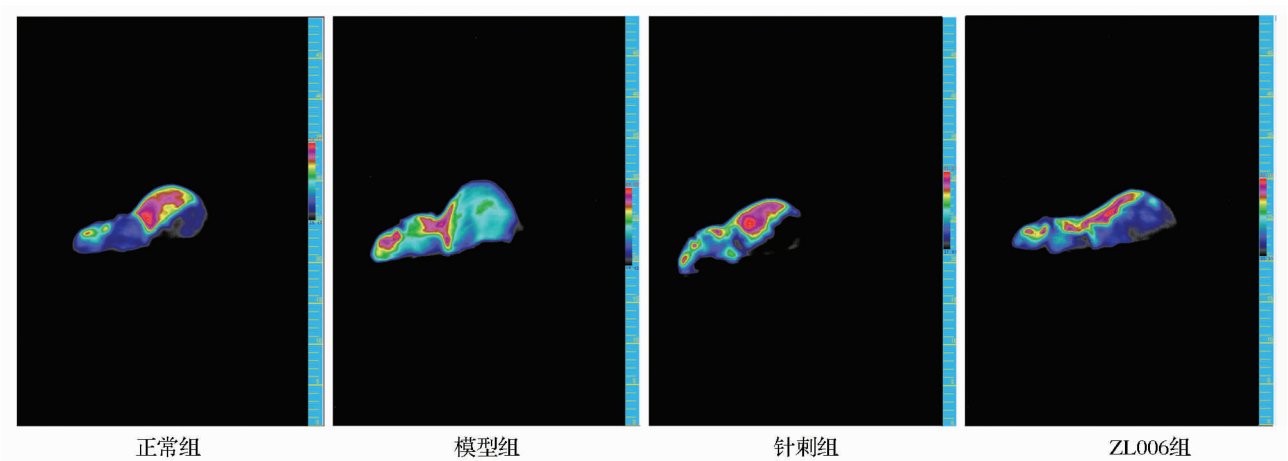


图 5　各组大鼠红外热成像图