

机器学习驱动针刺研究：手法量化与疗效预测

李 洁 胡恒瑞 隋宗唐 程小恩

成都中医药大学 四川 成都 610000

【摘要】：针刺疗法面临经验依赖性强、疗效评价主观、个体化治疗缺乏量化工具三大挑战。本文论述机器学习如何推动针刺研究从经验“艺术”向数据驱动“科学”转型。聚焦四个变革方向：手法量化与传承方面，利用运动捕捉与深度学习模型复现“手感”；疗效预测方面，构建多模态特征模型实现从“预后评估”到“疗效预测”的转变；穴位配伍方面，通过数据挖掘与网络分析构建智能选穴推荐系统；机制探索方面，借助多模态数据融合与可解释性人工智能揭示针刺生物学基础。综述表明，机器学习能有效应对针刺数据分析难题，为标准化、智能化及学科现代化提供技术路径。

【关键词】：针刺；机器学习；数据驱动；疗效预测；穴位配伍；人工智能；范式转型

DOI:10.12417/2705-098X.26.14.043

1 引言

针刺是传统医学重要部分，“辨证论治”构建个体化诊疗体系，但融入现代科学范式面临经验传承难标准化、疗效评估缺客观生物标志物、个体化治疗与 RCT 方法学冲突三大挑战，使针刺科学机制处于“经验黑箱”。机器学习技术为突破困局提供新途径，能处理针刺研究多源、高维、非线性数据并自动提取规律，是连接宏观临床经验与微观生物学机制的纽带。本文阐明机器学习推动针刺研究从经验依赖向数据驱动转型的逻辑与路径，先剖析三大核心挑战，接着分析机器学习应对能力，最后聚焦手法量化、疗效预测、穴位配伍推荐和机制探索四个应用维度，通过前沿案例展示范式转型可行性。

2 针刺的传统优势与现代挑战

针刺核心优势是整体观念和辨证论治指导下的个体化治疗，但融入现代科学话语体系时，传统优势成现代挑战。

2.1 经验依赖性强，传承困难

针刺疗法依赖临床经验，靠师徒口传心授传承。现代医学背景下，个体化经验难客观记录、精准量化和大规模复制，操作标准化是难题。虽有研究者用现代技术量化^[1]主观经验，如用“针刺测力仪”测行针手法参数，构建“优良手法”数据库，^[2]但针刺临床过程复杂，现有技术难剖析直觉与智慧，对经验的依赖制约了针刺学科规范化与现代化发展。

2.2 疗效评价主观，缺乏客观生物标志物

传统针刺疗效评价依赖患者自我报告和医师临床观察，在现代循证医学体系中，主观标准易受安慰剂效应和期望倚倚影响，难以科学解释疗效。“假针刺”对照的 RCT^[3]研究引发针刺疗效来源争议，关键在于找到客观生物标志物。功能性磁共

振成像（fMRI）技术^[4]及分子层面^[5]研究发现针刺可调节大脑神经活动和多种神经递质、炎症因子，可作为潜在外周生物标志物评估疗效。因疗效评价依赖主观报告，科学公信力受质疑，所以要推动利用 fMRI、分子生物学等技术寻找客观生物标志物，验证和阐明针刺生物学基础。

2.3 个体化治疗缺乏量化工具

“同病异治，异病同治”的针刺治疗核心理念与传统 RCT 研究矛盾，传统 RCT 要求一致干预，与针刺个体化原则相悖。为此，研究者设计“个体化针刺”RCT，但结果解读复杂、干预异质性强。现代信息科学给出解决方案，研究者用数据挖掘技术和机器学习算法分析古今医案，为“辨证选穴与施治”提供量化依据，进而推动运用人工智能、数据挖掘等技术，从大数据中探寻个体化治疗隐藏规律，将经验转化为科学模型。

3 机器学习：针刺研究范式转型的方法引擎

机器学习能自动从数据中挖掘规律并预测，为针刺研究难题带来方法论突破^{[1][2][3]}，是推动研究从经验描述到数据建模的关键引擎，为针刺数字化转型提供统一技术支撑。

3.1 应对针刺数据复杂性的机器学习核心能力

机器学习可从海量数据中自动筛选关键变量，如在功能性消化不良脑机制研究中提取核心连接，分类准确率^[7]高，是穴位配伍量化与疗效预测因子识别的前提。它具备对非线性关系的建模能力，擅长研究复杂关系、挖掘重要信息，如肠易激综合征智能辨证模型分类准确^[7]率高，早发性卵巢功能不全研究揭示非线性拐点^[11]，是个体化策略与理解穴位协同作用的计算基础。其对多维数据的融合能力也很重要，能协同分析多源数据提升效果，如尹涛等人研究提升了针刺疗效预测^{[7][11]}准确率，是深入机制探索与构建高精度预测模型的关键路径。

3.2 驱动范式转型的三大赋能路径

首先，将隐性知识显性化。机器学习结合传感器技术量化“手感”，用模型数字化复现^[8]，量化和传承针刺手法；通过数据挖掘量化穴位配伍规律^{[15][16]}，为经验选穴提供数据依据。其次，将疗效评价客观化。整合多模态生物标志物构建预测模型，实现从“预后评估”到“疗效预测”的转变，如基于脑ALFF特征的SVM模型能提前以较高准确率区分颈痛针刺响应者^[10]，支持治疗。最后，对个体治疗策略化。机器学习用高可解释性技术揭示影响个体疗效的关键特征，为动态调整方案提供量化依据^[12]，实现个性化决策。

4 针刺转型的四大变革方向

4.1 从“手感”到“数据”：手法的量化与传承

机器学习可利用相关技术量化只可意会的技术。研究借助三维运动捕捉技术和计算机视觉工具量化针刺手法，用设备捕捉手部运动轨迹，分解“手感”为参数，通过参数组合^[8]识别手法，完成“动作解剖”，为标准化研究奠基。

同时，机器学习催生智能评价精准化。研究引入机器学习构建智能化评价体系，训练手法质量分类模型，准确率超88^[8]%，系统通过数据反馈为针刺教学提供“AI教练”，推动手法教学标准化。

此外，在机器学习加持下，针刺手法传承有更好呈现方式。现有技术实现从经验传授到数字化复现，用模型学习名医手法规律、预测操作轨迹，为学习者预演指导，结合机器人技术复现提插、捻转手法^[8]，实现“人体技能”向“机器指令”转化，为手法传承奠基。

4.2 从“经验”到“证据”：疗效的预测与个性化

机器学习是核心突破，可有效预测治疗效果。传统针刺疗效靠患者主诉和医师观察回顾总结，无法治疗前指导，引入机器学习实现“疗效预测”，推动针刺迈向精准医疗。疗效预测模型构建遵循“特征→算法→预测”路径，先从治疗前提取有预测力的信号，多模态融合特征可增强预测能力^{[9][10][11]}；获得高质量特征后，进行算法选择与验证，采用多种机器学习算法学习特征与疗效结局映射关系，通过训练集、测试集分离、交叉验证等评估模型性能，确保泛化能力。机器学习让治疗方案更个性化，针刺治疗更有针对性。疗效预测目的是从群体化方案转向个体化策略，主要通过两条路径实现：一是基于预测的患者分层与筛选，实现治疗策略宏观个性化，可快速识别针刺获益人群，优先分配资源^[12]；二是基于可解释性分析的方案定制，利用可解释性技术解释疗效，为患者绘制疗效特征画像^[13]。典型工作流是先筛选针刺“优势人群”，再为其生成最优穴位处方。这种协同作用在动态管理场景中更突出，如随机森林模型能动态计算患者康复有效概率^[14]，让临床医生根据实时反馈调整康复训练强度、针刺穴位或手法，实现个体化策略。

4.3 数据驱动的穴位配伍网络构建与智能推荐

传统针刺选穴缺乏量化标准与可重复优化方法。机器学习与数据挖掘技术推动穴位配伍研究从“经验性配对”向“网络化智能推荐”演进，构建数据驱动选穴模型。首先，量化穴位配伍信息，采用“46位编码”“M31位编码”等技术拆解复杂证型诊断^[6]，降低数据维度；接着，将针刺处方表示为高维向量，把临床医案和文献处方转化为结构化数据库；然后，通过网络构建将关联规则转换为可视网络图。在此基础上，运用数据挖掘方法揭示穴位深层结构，构建穴位配伍网络，例如用Apriori算法挖掘常用核心穴对或穴组，^{[15][16]}这些强关联规则构成穴位推荐网络的坚实“边”。

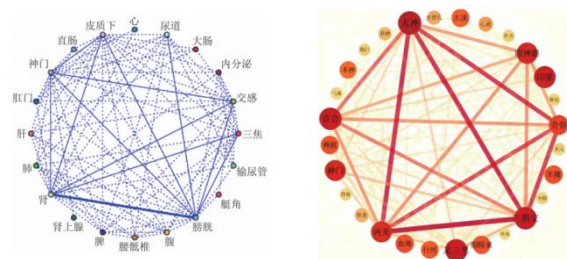
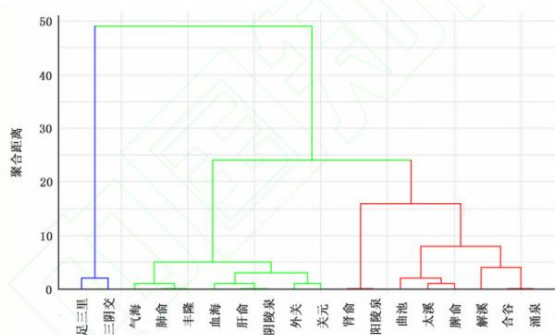
序号	后项	前项	支持度/%	置信度/%	提升度
1	内关	足三里	87.54	92.13	1.07
2	足三里	内关	86.23	93.54	1.07
3	足三里	中脘	72.79	93.24	1.07
4	内关	中脘	72.79	88.74	1.03
5	内关	中脘, 足三里	67.87	90.82	1.05
6	足三里	中脘, 内关	64.59	95.43	1.09
7	足三里	膈俞	46.56	91.55	1.05
8	内关	膈俞	46.56	88.73	1.03
9	内关	膈俞, 足三里	42.62	94.62	1.10
10	中脘	膈俞, 足三里	42.62	86.92	1.19
11	足三里	膈俞, 内关	41.31	97.62	1.12
12	中脘	膈俞, 内关	41.31	85.71	1.18
13	足三里	膈俞, 中脘	38.69	95.76	1.09
14	内关	膈俞, 中脘	38.69	91.53	1.06
15	足三里	膻中	36.72	98.21	1.12
16	内关	膻中	36.72	88.39	1.03
17	内关	膻中, 足三里	36.07	89.09	1.03
18	足三里	三阴交	33.77	97.09	1.11
19	内关	三阴交	33.77	92.23	1.07
20	内关	三阴交, 足三里	32.79	93.00	1.08
21	足三里	膻中, 内关	32.46	98.99	1.13
22	足三里	三阴交, 内关	31.15	97.89	1.12

图1 针刺治疗IH的腧穴关联规则分析表

序号	后项	前项	支持度/%	置信度/%	序号	后项	前项	支持度/%	置信度/%
1	太冲	百会-合谷	41.18	100.00	15	合谷	百会-内关	41.18	95.24
2	三阴交	百会-合谷	41.18	100.00	16	太冲	百会-内关	41.18	95.24
3	太冲	合谷-内关	56.86	100.00	17	三阴交	百会-内关	41.18	95.24
4	三阴交	内关-太冲	62.75	96.88	18	三阴交	内关	72.55	94.59
5	内关	太冲-三阴交	62.75	96.88	19	内关	合谷	60.78	93.55
6	太冲	合谷	60.78	96.77	20	内关	合谷-三阴交	58.82	93.33
7	三阴交	合谷	60.78	96.77	21	内关	四神聪	45.10	91.30
8	内关	合谷-太冲	58.82	96.67	22	合谷	百会-三阴交	45.10	91.30
9	三阴交	合谷-太冲	58.82	96.67	23	太冲	百会-三阴交	45.10	91.30
10	太冲	合谷-三阴交	58.82	96.67	24	内关	四神聪-三阴交	43.14	90.91
11	三阴交	合谷-内关	56.86	96.55	25	合谷	内关-太冲	62.75	90.63
12	三阴交	四神聪	45.10	96.65	26	合谷	太冲-三阴交	62.75	90.63
13	三阴交	四神聪-内关	41.18	95.24	27	太冲	四神聪-内关	41.18	90.48
14	内关	百会-合谷	41.18	95.24					

图2 腧穴关联规则分析

Kmeans、层次聚类等方法可将功能相近或常协同使用的穴位归并成不同群组^[17]，为辨证选穴提供模块化推荐方案。



利用 Cytoscape 等工具绘制穴位共现网络图，将隐含配伍经验转化为显性网络拓扑结构。构建穴位配伍知识网络后，需构建能动态响应患者个体信息的智能推荐模型，主要算法有：抑郁症选穴模型采用“症状穴位”与“M31 位编码穴位”双路径交叉验证^[6]策略，改进模型 F1 值比传统 KNN 算法提升 22.26%；采用 BP 神经网络进行证型穴位的非线性映射构建选穴模型^[21]；通过准确率等指标评估模型性能，经交叉验证和超参数调优确保模型表现良好且具备泛化能力。

参考文献:

- [1] Liu,Y.,Wang,L.,&Liu,T.(2023).Objective evaluation of acupuncture manipulation skills:A review.Journal of Acupuncture and Tuina Science,21(2),85-92.
- [2] Zhang,G.,&Zhao,L.(2022).Challenges in standardization of acupuncture:A systematic review.Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine,2022,5687123.
- [3] Zhang,S.,&Wang,L.(2023).Methodological challenges in personalized acupuncture randomized controlled trials.Journal of Alternative and Complementary Medicine,29(4),205-213.
- [4] Liu,J.,Qin,W.,&Li,K.(2021).Acupuncture at ST36 modulates cerebral activities in patients with irritable bowel syndrome.Human Brain Mapping,42(8),2529-2540.
- [5] Wang,X.,Li,S.,&Liu,C.(2020).Acupuncture-induced analgesia:The role of peripheral inflammatory cytokines.Frontiers in Neuroscience,14,586.
- [6] 曹悦.基于 46 位编码及多标签机器学习技术构建抑郁症针刺推荐选穴模型研究[D].成都中医药大学,2021.
- [7] 尹涛.基于机器学习和脑肠多维数据特征的针刺治疗功能性消化不良疗效预测研究[D].成都中医药大学,2021.
- [8] 张文启,张亚男,沈燕,等.一种可解释的针刺操作作用于皮下肌肉组织的机器学习建模方法[J].中国针灸,2025,45(10):1371-1382.
- [9] 勾明会,杨会生,房繁恭.基于机器学习构建针刺治疗卵巢储备功能减退的妊娠预测模型（英文）[J].World Journal of Acupuncture-Moxibustion,2025,35(01):32-40.
- [10] 高珍,崔梦洁,王海军,等.针刺治疗颈痛的适宜人群筛选：一项机器学习研究[J].中国针灸,2025,45(04):405-412.尹涛,毛杨科,张攀,等.基于临床-功能脑网络多维特征预测针刺治疗功能性消化不良疗效[C]//世界针灸学会联合会,中国中医科学院.世界针灸学会联合

机器学习在针刺相关领域已有诸多应用与效果验证。抑郁症案例构建融合双路径的改进 KNN 推荐模型， $K \in [29,31]$ 时性能最优，F1 值较传统 KNN 算法提升 22.26%，为抑郁症精准针刺提供量化工具^[6]。膝骨关节炎研究采集患者信息和文献数据，用 Apriori 算法挖掘证型-穴位关联规则，结合循经取穴理论形成优化穴组，经交叉验证实现 KOA 选穴标准化与个体化统一^[22]。

4.4 从“现象”到“机制”：多模态融合与机制探索。

机器学习可自动从数据中学习规律、精准预测并提供决策支持，与针刺医学结合能克服传统方法局限。针刺穴位定位上，传统依赖医生经验的方式存在个体差异大、准确性不足等问题，基于深度学习的自动化方法提供新路径。研究用改进的 YOLOv8 算法提升检测性能，该模型穴位检测平均精度达 95.6%，处理速度 30.8 FPS，满足临床实时性需求^[23]。针刺处方优化方面，机器学习能从海量临床数据中挖掘穴位组合规律，关联规则算法可识别高频共现穴位组合，验证“通督调卫”处方与睡眠预后的关联并揭示适用患者特征^[18]。多种机器学习算法用于不同疾病疗效预测，随机森林用于功能性便秘建模，测试集 R2 达 0.872^[13]；XGBoost 用于失眠预测，各项指标达 0.91，AUC 为 0.82^[18]。从“现象”到“机制”转化时，卷积神经网络与可解释性 AI 起关键作用，U-Net 在医学图像分割中表现更优，准确率达 0.941，Dice 系数达 0.951。改进的 YOLOv8 实现高精度穴位检测与良好实时性能^[23]，研究引入 SHAP、LIME 等方法生成可视化工具，^[18]增强临床人员对 AI 系统的信任。

会 2024 国际针灸学术研讨会论文集.成都中医药大学针灸推拿学院;成都中医药大学针灸脑科学研究中心;针灸防治老年疾病教育部重点实验室;2024:47-48.

[11] 范宝超,张侨,陈晨,等.基于机器学习与 SHAP 的针刺干预美沙酮维持患者美沙酮减量的可解释性预测模型构建研究[J].中国针灸,2025,45(10):1363-1370.

[12] 朱沁兵,丁艳,张景,等.基于机器学习构建电针联合生物反馈治疗功能性便秘效果的预测模型[J].中国医药导报,2025,22(25):50-57.

[13] 张展.眼针带针康复治疗 IS 疗效预测模型构建及 BBB 保护机制研究[D].辽宁中医药大学,2025.

[14] 杨丽金,梁育颖,刘燕平,等.基于数据挖掘探讨针灸治疗顽固性呃逆的选穴规律[J].中国民族民间医药,2025,34(19):107-113.

[15] 吴林纳,梁泽楷,施明覃,等.基于数据挖掘探讨针灸治疗网络成瘾的选穴规律[J].中医药导报,2025,31(10):159-165.

[16] 王榆鸽,白婧,郎瑞姣.基于数据挖掘的灸法干预糖尿病周围神经病变的选穴规律分析[J].护理研究,2025,39(21):3648-3656.

[17] 苗晓娜,杭嘉敏,林家乐.基于数据挖掘技术系统分析耳穴贴压防治术后尿潴留的选穴规律[J].延安大学学报(医学科学版),2025,23(03):40-44+50.

[18] 范宝超,张侨,陈晨,等.基于机器学习与 SHAP 的针刺干预美沙酮维持患者美沙酮减量的可解释性预测模型构建研究[J].中国针灸,2025,45(10):1363-1370.