

# 针灸与人工智能学科交叉的现状与策略探讨

吴冬<sup>1</sup>, 孙汉旭<sup>2</sup>, 荣培晶<sup>3</sup>, 戴如君<sup>4</sup>, 廉海红<sup>1</sup>, 孙静宜<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>首都医科大学附属北京同仁医院传统医学科, 北京 100730; <sup>2</sup>北京邮电大学自动化系, 北京 100876;

<sup>3</sup>中国中医科学院针灸研究所, 北京 100700; <sup>4</sup>北京泰德复建科技发展有限公司, 北京 100083;

<sup>5</sup>北京中医药大学东方医院医务处, 北京 100078)

**【摘要】** 现阶段人工智能在图像识别、深度学习、神经网络、机器人技术等关键技术的突破, 推动了与医学的学科交叉。本文对针灸与人工智能学科交叉未来可能的应用场景进行了探讨, 认为目前针灸已有部分新针灸设备, 可能具备与人工智能学科交叉的潜力, 针灸学科可以依靠这些现有治疗设备, 以及体表经络的客观诊断设备, 获得较客观的经脉数据, 再通过经络辨证体系, 实现针灸大数据的收集, 甚至实现远程治疗。另外, 还可开发针灸机制研究的人工智能系统。建议针灸学科与人工智能学科进行学科交叉, 并制定相应的发展策略, 促进针灸学科更快更好地发展。

**【关键词】** 针灸; 人工智能; 学科交叉; 针灸设备; 发展策略

**【中图分类号】** R246 **【文献标志码】** A **【DOI】** 10.13702/j.1000-0607.20210017

## Discussion on current state and research strategies of inter-disciplines of acupuncture-moxibustion and artificial intelligence

WU Dong<sup>1</sup>, SUN Han-xu<sup>2</sup>, RONG Pei-jing<sup>3</sup>, DAI Ru-jun<sup>4</sup>, LIAN Hai-hong<sup>1</sup>, SUN Jing-yi<sup>5</sup> (<sup>1</sup>Department of Traditional Chinese Medicine, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100730, China; <sup>2</sup>Department of Automation, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876; <sup>3</sup>Institute of Acupuncture and Moxibustion, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700; <sup>4</sup>TED Healthcare Technology Ltd (Beijing), Beijing 100083; <sup>5</sup>Division of Medical Affairs, Dongfang Hospital of Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100078)

**【ABSTRACT】** At present, the breakthrough of the key techniques of artificial intelligence (AI), including image recognition, deep learning, neural network, Robot technique, etc., greatly promote the development of discipline crossing and medicine. In the present paper, we make an in-depth discussion about the future application of inter-discipline techniques of acupuncture-moxibustion and AI. We think that some of the current instruments have been part of the new acupuncture-moxibustion devices and may have the potential to intersect with the AI discipline. Relying on these existing devices and those of meridian detection, we can obtain relatively objective data, and further conduct meridian-syndrome differentiation and big data collection to possibly realize remote medical treatment. In addition, we may also develop an AI system for studying the underlying mechanisms of acupuncture and moxibustion therapies. Nevertheless, there still exist a lot of problems and challenges in clinical, teaching and scientific researches. It is recommended that the discipline of acupuncture-moxibustion should be intersected with the AI subject and formulate appropriate development strategies, promoting a faster and better development of acupunctureology.

**【KEYWORDS】** Acupuncture and moxibustion; Artificial intelligence; Inter-discipline; Acupuncture device; Development strategy

现阶段国家非常重视中医的发展, 而且随着社会经济的发展、人口老龄化以及国际交流的增加, 人们对医疗卫生, 特别是中医针灸的需求不断增长, 但是中医针灸在临床和科研均存在一些问题, 制约着

针灸学科的发展<sup>[1-2]</sup>。

临床方面, 部分患者对疼痛敏感, 使针灸推广出现一定的困难, 特别是儿童患者, 容易因为针刺疼痛而导致不能配合治疗, 同时部分患者由于工作和交

项目来源: 国家自然科学基金项目(No. 81674072); 北京市科学技术协会北京中西医结合学会 2020-2022 年度青年人才托举工程; 北京市属医院科研培育计划项目(No. PZ2021001)

第一作者: 吴冬, 主治医师, 研究方向: 针灸临床与机制研究。E-mail: wdolphin0120@163.com

通信作者: 孙静宜, 主治医师, 研究方向: 中西医结合防治肿瘤。E-mail: dfsunjingyi@126.com

通的原因,不能按时接受针灸治疗,部分行动不便的患者还需要家属陪伴才能就诊,进一步导致针灸临床依从性不佳<sup>[3-5]</sup>。针灸临床方面还存在资源分配不均的问题,如基层卫生机构存在针灸人才总量相对少、人才学历相对低、医疗设备相对落后等问题,甚至部分低级别医疗机构没有针灸科<sup>[6-9]</sup>。

科研方面,由于针刺疼痛、交通等原因,针灸临床试验容易发生受试者脱落,同时繁重的临床工作,也减少了针灸医生在科研方面时间和精力投入<sup>[10-14]</sup>。

针灸学科所面临的问题,未来可能可以通过与人工智能的学科交叉来解决。

## 1 现代医学、中医学与人工智能的学科交叉现状

人工智能于1956年被首次提出,是研究和开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新技术科学,即使用机械和电子装置来模拟和代替人类的智能设备<sup>[15-16]</sup>。现阶段人工智能中图像识别、深度学习、神经网络、机器人技术等关键技术的突破,除了帮助其他学科的技术更新,还推动了与医学的学科交叉<sup>[15-18]</sup>。在现代医学中,人工智能主要应用于医疗机器人、药物研发、智能诊疗、智能健康管理等方面<sup>[16, 18-20]</sup>。

现阶段中医学与人工智能的学科交叉主要在诊疗系统研发、中医古籍挖掘等方面<sup>[16, 18-22]</sup>,如中国中医科学院研制的国医大师程莘农院士智能经络辅助诊疗系统以及中医临床决策支持系统等<sup>[9, 23]</sup>,还有对《伤寒论》经方进行客观化表达,并挖掘气味、归经等处方规律<sup>[24-25]</sup>。目前中医学需要将古今医籍、诊疗实践经验等标准化、客观化,以便与人工智能进行学科交叉<sup>[22, 25-28]</sup>。近年来舌诊仪、脉诊仪等中医智能诊断设备研究不断发展,利用多标记学习的方式建立了中医问诊模型,通过光电血流面诊仪建立望诊模型,通过光度立体法建立中医舌象三维重建,以及通过估算诊脉时动脉宽度建立脉诊模型等<sup>[22-23, 27, 29-34]</sup>。

总之,现阶段中医学与人工智能的学科交叉取得了一定研究成果,并不断对研究中出现的问题进行改进,但并未在临床中广泛应用。

## 2 针灸与人工智能学科交叉的现状和未来可能的应用场景

目前,针灸与人工智能的学科交叉较少,除部分针灸机器人腧穴识别、针灸机器人理论探讨等研究,

针灸的大数据研究、针灸的深度学习研究均少于中医药的学科交叉研究<sup>[3, 35-38]</sup>,其原因可能是因为人工智能的研究成果多数还未应用于临床,不能大规模收集患者的数据,因此无法依靠深度学习进行处理,进而无法应用于智能化治疗。

经络辨证体系不同于脏腑辨证、六经辨证等中医药常用辨证体系,切诊在经脉辨证中也不局限于“独取寸口”<sup>[39-40]</sup>。笔者认为目前已有部分新针灸设备,可能具备与人工智能学科交叉的潜力。针灸的临床诊疗不同于中医药,针灸学可以依靠耳甲电针等现有治疗设备,以及体表经络的客观诊断设备,获得较客观的经脉数据<sup>[21-22, 41]</sup>,再通过经络辨证体系,实现针灸大数据的收集,甚至实现远程治疗。

耳甲电针疗法属于中医针灸学范畴,相对于其他中西医疗方法,具有以下优势:属于非药物治疗,无药物的不良反应;为无创治疗,消除受试者对针刺疼痛的恐惧以及对艾灸烟雾不适等问题,提高了临床试验的依从性;操作相对容易,方便临床医生操作,易于学习推广;耳甲电针较之单纯耳穴压丸或耳针治疗,刺激频率、强度相对固定,方便临床和科研的统计;可以实现远程治疗,即医患可以远程非接触进行诊断治疗<sup>[42-45]</sup>。

目前,国内外研究显示耳甲电针可以治疗抑郁症、失眠、功能性胃肠病等,并分别从临床和机制进行了较深入的探讨。由于上述特点,耳甲电针可能成为针灸与人工智能学科交叉的先锋。部分欧美研发生产的类似治疗仪,已经植入特殊芯片及设定软件,在治疗的同时,记录受试者或动物的心率、温度、电阻等人体信号<sup>[46-47]</sup>,这些数据积累到一定数量,将可能成为针灸临床的大数据,这些数据通过深度学习,可以指导医生相对快速地掌握耳甲电针的技术,同时还能对不同患者提供精准的、个性化的治疗方案,甚至当治疗的数据积累到一定程度,人工智能又可以代替针灸医生的决策,即由机器来完成诊断和治疗,并不断自我学习和进化。

耳甲电针上述的特点,可以一定程度上缓解患者针刺疼痛的恐惧感,远程治疗又解决了因交通不便无法按时治疗、针灸医疗资源分布不均的情况。同时,在未来可能暴发疫情的国家和地区,耳甲电针也可以帮助针灸医生远程非接触进行治疗,不至于中断必要的针灸疗程<sup>[48-49]</sup>。

现阶段国内外不少文献记录了经络腧穴如电阻、温度、湿度等物理信号,同时还开发相应的设备,这些经络的客观物理信号可以配合耳甲电针,对全身经络进行数据的收集<sup>[12, 50]</sup>,并记录耳穴以及全身

经脉的物理信号,可以实现针灸与人工智能的学科交叉。

另外,还可以开发针灸机制研究的人工智能系统,通过短时、大量阅读 CNKI、NIH 等各个数据库文献,自动推理、快速地选择针灸效应机制方面的蛋白和基因,在远程诊断和治疗的同时,辅助针灸科研人员不断深入、精准地阐释针灸效应机制,让针灸机制的研究更紧密地联系针灸临床,同时可以节约时间和精力。

### 3 针灸与人工智能学科交叉的挑战

尽管针灸学具备与人工智能学科交叉的较大潜力,但未来仍存在问题和挑战。首先是医学伦理方面的挑战。在人工智能领域,“底层基础设施”是由互联网、物联网提供的数据,这些数据构成计算的“原料”,卷积神经网络、云计算,则是计算的“发动机”,而图像处理、语音信号识别、远程治疗机器人是“应用”。医学与人工智能结合,前提是需要诊断治疗信息等“大数据原料”,之后再通过机器学习,在诊断、治疗和预防方面进行应用<sup>[48, 51-54]</sup>。

和现代医学与人工智能的学科交叉一样,针灸也面临同样的伦理问题,获得“原材料”的针灸大数据,即受试者的隐私,甚至会造成短期内无法完成“针灸大数据”建立,而且如果不能妥善保管好患者的隐私,并造成隐私外流,可能进一步造成对针灸与人工智能学科交叉的限制<sup>[55-58]</sup>。

未来人工智能的医疗诊疗系统不断成熟,也可能会出现“算法歧视”等问题<sup>[59]</sup>,例如可能出于保护医生的考虑,拒绝部分有潜在医疗风险的患者就诊,或过多考虑降低医疗风险,人工智能医疗决策系统会放弃更有疗效的治疗方案。

在针灸学教育方面,未来针灸教育更需要跨学科的人才,这就对中医类高校甚至中学的教育提出更高的要求<sup>[60-62]</sup>,同时需要现在的针灸从业人员不断学习新的知识,投入相当的时间和精力在其他学科,这也将增加现有针灸从业人员的负担和压力。

另一个问题是针灸设备的研发和改进需要不同专业、不同领域的人才共同参与,这需要医学方面的人才完成本职工作的同时,还要挤出时间对未知领域进行研发,在一定程度上影响了设备研发的进度<sup>[63-65]</sup>。

人工智能还可能对传统针灸临床科研方式造成改变,部分针灸医生有失业的风险,这也是未来针灸与人工智能学科交叉的挑战。

### 4 小结与展望

人工智能时代已经来临,现阶段针灸与人工智能的学科交叉相对落后于其他医学学科,尽快投入到人工智能学科甚至不拘泥于人工智能的学科交叉,可能会促进针灸更好更强地发展。

### 参考文献

- [1] 陈芳.《中医药法》实施背景下中医药人才培养现状分析与思考[J]. 中医药管理杂志, 2020, 28(7): 26-28.
- [2] 马喜桃, 王艳桥, 何雁云, 等. 落实《中医药法》, 促进大健康建设[J]. 中药与临床, 2020, 11(4): 24-26.
- [3] 徐天成, 王雪军, 卢东东, 等. 智能针灸机器人关键技术及发展趋势[J]. 智能科学与技术学报, 2019, 1(3): 305-310.
- [4] 汤茜, 李凯扬. 激光针灸实验及其图像处理结果[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(3): 344-350.
- [5] 张竞心, 卢东东, 林祺, 等. 智能针灸机器人研发进展及关键技术分析[J]. 中国数字医学, 2018, 13(10): 2-4.
- [6] 叶桦, 高园, 胡绿慧. 基于大数据技术的临床针灸辅助决策支持模型研究[J]. 临床医药文献电子杂志, 2018, 5(84): 178.
- [7] 濮文渊, 凌云, 周春祥. 基于大数据与中医药研究现状对慢病防治的启示[J]. 中医杂志, 2016, 57(20): 1795-1797.
- [8] 蒋辉, 陈旻. 健康医疗大数据背景下人工智能应用的伦理审查体系构建[J]. 中国医学伦理学, 2020, 33(7): 841-846.
- [9] 杨蕴, 钟蕙, 于观贞, 等. 人工智能促进中医药传承发展的机遇与挑战[J]. 北京中医药, 2019, 38(8): 835-838.
- [10] 陈晟, 王军, 赵吉平, 等. 对中医针灸临床研究中二则问题的思考[J]. 上海针灸杂志, 2017, 36(7): 886-889.
- [11] 陈超, 刘炜宏, 韩娟, 等. 针灸临床实践指南可实施性的问卷调查与分析[J]. 中国针灸, 2019, 39(12): 1347-1350.
- [12] 陈泽林, 赵雪, 郭扬, 等. 中医针灸标准化关键问题研究[J]. 世界中医药, 2020, 15(7): 990-996.
- [13] IACOBUCCI G. Covid-19: Government must fund extra NHS capacity to tackle backlog, BMA urges [J]. BMJ, 2020, 370: m3587.
- [14] FRIEDMAN E A, GOSTIN L O, MALECHE A, et al. Global health in the age of COVID-19: responsive health systems through a right to health fund[J]. Health Hum Rights, 2020, 22(1): 199-207.
- [15] TAT E, BHATT D L, RABBAT M G. Addressing bias: artificial intelligence in cardiovascular medicine[J]. Lancet Digit Health, 2020, 2(12): e635-e636.
- [16] MATHENY M E, WHICHER D, THADANEY ISRANI S. Artificial intelligence in health care: a report from the national academy of medicine[J]. JAMA, 2020, 323(6): 509-510.
- [17] UNG C Y, LI H, CAO Z W, et al. Are herb-pairs of traditional Chinese medicine distinguishable from others? Pattern analysis and artificial intelligence classification study of traditionally defined herbal properties [J]. J Ethnopharmacol, 2007, 111(2): 371-377.
- [18] MATUCHANSKY C. Deep medicine, artificial intelligence, and the practising clinician[J]. Lancet, 2019, 394(10200):

- 736.
- [19] DILSIZIAN S E, SIEGEL E L. Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2014, 16(1): 441.
- [20] AMISHA, MALIK P, PATHANIA M, et al. Overview of artificial intelligence in medicine[J]. *J Family Med Prim Care*, 2019, 8(7): 2328-2331.
- [21] 李灿东, 辛基梁, 雷黄伟, 等. 中医健康管理与人工智能[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(8): 3586-3588.
- [22] 林树元, 刘畅, 李煜, 等. 中医在人工智能时代的挑战与经方智能化研究思路[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(2): 448-451.
- [23] 李静, 夏新斌, 邓文祥, 等. 人工智能技术中医领域应用评述[J]. *中医学报*, 2020, 35(11): 2362-2365.
- [24] 柳奕诚, 宋欣阳, 李宗友. 论医疗人工智能的未来: 医疗网络[J]. *中国中医药信息杂志*, 2018, 25(11): 1-5.
- [25] 林树元, 瞿溢谦, 刘畅, 等. 中医药人工智能发展述评及技术融合趋势探讨[J]. *中华中医药杂志*, 2020, 35(11): 5384-5389.
- [26] 甘枋元, 郭超峰. 数据挖掘技术在中医药研究中的应用[J]. *电子技术与软件工程*, 2019, 8(16): 178-179.
- [27] 马婷, 张海洪. 医疗人工智能的“图灵测试”: 路在何方[J]. *医学与哲学*, 2020, 41(20): 8-13.
- [28] 余韵扬, 曹必伟, 周晶, 等. 依托大数据研究模式探析针灸推拿治疗功能性便秘的临床选穴规律[J]. *时珍国医国药*, 2018, 29(3): 760-762.
- [29] 尹涛, 何昭璇, 孙睿睿, 等. 机器学习在针灸研究领域的应用现状与展望[J]. *中国针灸*, 2020, 40(12): 1383-1386.
- [30] 尹涛, 何昭璇, 兰蕾, 等. 基于机器学习与神经影像表征的针灸疗效预测研究现状与展望[J]. *世界中医药*, 2020, 15(11): 1551-1554.
- [31] 许立辉, 王池社, 郝达慧. 病证结合中医辨证诊疗辅助平台设计与实现[J]. *电脑知识与技术*, 2020, 16(28): 99-101.
- [32] 邱德胜, 罗译泓. 基于人工智能的中医有效性探究[J]. *自然辩证法研究*, 2020, 36(9): 64-69.
- [33] 李本岳, 李伟荣, 潘华峰, 等. 人工智能对中医诊断的影响[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2020, 22(5): 1624-1628.
- [34] 辛基梁, 张佳, 李绍滋, 等. 中医健康状态辨识中的多标记分类方法研究[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(9): 3952-3955.
- [35] 徐天成, 卢东东, 韩旭, 等. 针刺机器人在针刺定量研究中的应用探索[J]. *中医杂志*, 2017, 58(9): 752-755.
- [36] 刘震, 赵壮, 林祺, 等. 基于图论的智能针灸机器人取穴原理研究[J]. *世界中医药*, 2018, 13(8): 1992-1996.
- [37] 张竞心, 孙琦, 林祺, 等. 数字经络智能针灸机器人的研发思路探讨[J]. *中医药导报*, 2018, 24(19): 66-68.
- [38] 徐天成, 杨晓媛, 卢梦叶, 等. 基于图论的原穴电敏化规律研究——针灸机器人智能配穴拓扑参数的临床验证[J]. *中华中医药杂志*, 2020, 35(3): 1534-1537.
- [39] 徐晶, 贾春生, 王建岭, 等. 运用数据挖掘探讨火针在神经功能障碍相关疾病中的应用[J]. *针刺研究*, 2013, 38(5): 420-427.
- [40] 何巍, 刘朝晖, 王俊文, 等. 国外大样本针灸临床试验研究文献质量评价[J]. *针刺研究*, 2014, 39(5): 422-426.
- [41] 李灿东, 蔡晶, 唐岚芳. 中医健康管理与大数据[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(9): 4134-4137.
- [42] 荣培晶. 古术新知——从耳迷走神经刺激谈中医发展的新思路[J]. *科技导报*, 2019, 37(15): 49-54.
- [43] 荣培晶, 张悦, 李少源, 等. 经皮耳穴迷走神经刺激治疗脑及相关疾病的现状与展望[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2019, 21(9): 1799-1804.
- [44] 吴冬, 陈陆泉, 刘博, 等. 耳甲电针联合口服甲钴胺片治疗特发性耳鸣的疗效观察[J]. *中国中西医结合耳鼻喉科杂志*, 2020, 28(5): 345-349.
- [45] 吴冬, 荣培晶, 王宏才, 等. 耳甲电针治疗功能性消化不良的临床效果[J]. *世界中医药*, 2020, 15(4): 627-631.
- [46] KANIUSAS E, KAMPUSCH S, TITTEMEYER M, et al. Current directions in the auricular vagus nerve stimulation II—an engineering perspective [J]. *Front Neurosci*, 2019, 13: 772.
- [47] KANIUSAS E, KAMPUSCH S, TITTEMEYER M, et al. Current directions in the auricular vagus nerve stimulation I—a physiological perspective [J]. *Front Neurosci*, 2019, 13: 854.
- [48] WU D D, MA J X, ZHANG L P, et al. Effect and safety of transcutaneous auricular vagus nerve stimulation on recovery of upper limb motor function in subacute ischemic stroke patients: a randomized pilot study[J]. *Neural Plast*, 2020, 2020: 8841752.
- [49] 吴冬, 王宇, 刘甲辰, 等. 针灸在几内亚共和国发展现状及策略探讨[J]. *国际中医中药杂志*, 2020, 42(10): 947-949.
- [50] 郭义, 王江, 陈波, 等. 论计算针灸学[J]. *世界中医药*, 2020, 15(7): 953-960.
- [51] CREW B. Artificial-intelligence research escalates amid calls for caution[J]. *Nature*, 2020, 588(7837): S101.
- [52] PRABHAKAR B, SINGH R K, YADAV K S. Artificial intelligence (AI) impacting diagnosis of Glaucoma and understanding the regulatory aspects of AI-based software as medical device [J]. *Comput Med Imaging Graph*, 2021, 87: 101818.
- [53] WEISS J, HOFFMANN U, AERTS H J W L. Artificial intelligence-derived imaging biomarkers to improve population health[J]. *Lancet Digit Health*, 2020, 2(4): e154-e155.
- [54] XIE Y C, NGUYEN Q D, HAMZAH H, et al. Artificial intelligence for teleophthalmology-based diabetic retinopathy screening in a national programme: an economic analysis modelling study[J]. *Lancet Digit Health*, 2020, 2(5): e240-e249.
- [55] 刘伶俐, 王端, 王力钢. 医疗人工智能应用中的伦理问题及应对[J]. *医学与哲学*, 2020, 41(14): 28-32.
- [56] 罗芳, 陈敏. 医疗人工智能的伦理问题及对策研究[J]. *中国医院管理*, 2020, 40(2): 69-71.
- [57] 宋晓琳, 尹梅. 人工智能在基层医疗卫生机构应用中的伦理问题研究[J]. *中国医学伦理学*, 2020, 33(7): 847-851.
- [58] 陶海燕, 周吉银. 浅议中国人工智能伦理治理的对策[J]. *中*

- 国医学伦理学, 2020, 33(6): 703-707.
- [59] 谢晋, 柳云, 边林. 人工智能时代背景下移动医疗技术运用的伦理考量[J]. 中国医学伦理学, 2020, 33(7): 868-872.
- [60] 韩贵来, 李海霞. 人工智能大背景下的医学图像处理教学改革探讨[J]. 计算机时代, 2020, 40(11): 117-119.
- [61] 李鸿浩, 陈波, 李建平, 等. 医学教育中人工智能应用的现状、问题与对策[J]. 中国循证医学杂志, 2020, 20(9): 1092-1097.
- [62] 林连捷, 曲素萱, 王东旭, 等. 人工智能时代的医学人文教育探讨[J]. 中国继续医学教育, 2020, 12(6): 55-59.
- [63] 郭太品, 任玉兰, 李骥, 等. 我国电针仪器设备研究的概况与评述[J]. 上海针灸杂志, 2016, 35(2): 127-130.
- [64] 申华, 刘堂义, 杨华元. 关于中医诊疗康复设备生产及研发相关情况调查[J]. 上海针灸杂志, 2016, 35(4): 490-492.
- [65] 李立国, 付红光, 周学军, 等. 浅谈智能化艾灸设备设计原理[J]. 中国设备工程, 2019, 35(18): 115-116.
- (收稿日期: 2021-01-15 修回日期: 2021-02-24)  
[本文编辑: 高琪]

(上接第 517 页)

- [10] INTERRANTE L V, HAMPDEN-SMITH M J. Chemistry of advanced materials: an overview [M]. New Jersey: John Wiley and Sons Ltd, 1997.
- [11] 吴建丽, 于致顺, 魏庆双, 等. 浅谈“医工结合”对针灸针具改革的影响[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(12): 5409-5411.
- [12] 刘迈兰, 曾芳, 和中浚, 等. 艾为最佳施灸材料探析: 基于艾与其他典型灸材的比较[J]. 江苏中医药, 2009, 41(6): 59-61.
- [13] 张仁, 刘坚. 中国民间奇特灸法[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2004.
- [14] 周丹, 李桂兰, 郭义. 中国灸具发展简史[J]. 针灸临床杂志, 2008, 24(12): 37-38.
- [15] IGNATOV O, PASCAL O, NACU V. Acupoint embedding therapy[J]. Moldovan Med J, 2020, 63(1): 52-58.
- [16] JEONG I, KIM B S, LEE H, et al. Prolonged analgesic effect of PLGA-encapsulated bee venom on formalin-induced pain in rats[J]. Int J Pharm, 2009, 380(1-2): 62-66.
- [17] OBIDIN N, TASNIM F, DAGDEVIREN C. The future of neuroimplantable devices: a materials science and regulatory perspective[J]. Adv Mater, 2020, 32(15): e1901482.
- [18] 刘慧敏. 聚乙丙交酯新型埋线材料与羊肠线的临床应用比较[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(38): 7185-7192.
- [19] 孙文善, 郑志清. 新型生物医学材料及其在微创埋线中的应用价值[J]. 上海针灸杂志, 2010, 29(2): 131-132.
- [20] MENG F Q, LUO H C, HALBREICH U. Concepts, techniques, and clinical applications of acupuncture[J]. Psychiatr Ann, 2002, 32(1): 45-49.
- (收稿日期: 2021-02-14 修回日期: 2021-04-14)  
[本文编辑: 刘婉宁]