针灸与纳米技术学科交叉的现状与研究策略探讨*

方霜霜¹, 独思静¹, 曹增^{1,2}, 杨洋¹, 魏玮^{1**}

(1. 中国中医科学院望京医院 北京 100102; 2. 北京中医药大学研究生院 北京 100029)

摘要: 纳米材料有不同于宏观物质的优秀性能,在医学领域显示出巨大应用前景。笔者对近些年针灸与纳米技术学科交叉的一些研究成果进行分析总结,发现纳米技术已经在经络的本质研究、疗效生物学机制探索及增强疗效方面都有应用。提出未来应着重开展以问题为导向、整合多种传感功能和纳米材料多种性能的学科交叉研究,以及纳米新材料的生物相容性研究,促进临床转化应用。

关键词: 针灸 经络 纳米技术 学科交叉 研究策略

doi: 10.11842/wst.20210306002 中图分类号: R245 文献标识码: A

纳米技术是以单个原子或分子为基础,研究结构尺寸在1-100 nm范围内材料的性质及应用的技术^[1]。纳米材料由于尺寸小,表现出不同于宏观物质的特殊性能^[2],例如对光、热、PH、磁等独具敏感性,在医学领域有巨大的应用前景。目前,在生物传感器、成像、生物标志物、靶向药物、药物输送等领域都已经可以看到纳米技术的应用^[3-6]。这些应用也为揭示经络本质、疗效生物学机制,增强治疗效果奠定了基础。本文就针灸与纳米技术的研究现状进行归纳总结,结合针灸经络和纳米技术各自的特点,思考未来针灸与纳米学科交叉的研究策略。

1 针灸与纳米技术的研究现状

1.1 经络实质研究

经络是中医针灸理论的基础与核心,阐明经络的科学内涵是中医研究者们的重要使命^[7]。经络是否存在有形结构是经络研究的首要问题与难点,纳米技术在其中做出了重要贡献。远距离血管外体液流动被认为可能是经络的有形结构。多项研究^[8-9]发现通过

在穴位皮下注射低分子量放射性示踪剂,可观察到示踪剂随着疏松结缔组织内的液体快速、纵向和渐进性的迁移,而在穴位附近的区域注射往往无法观察到此现象。这种既不是血液也不是淋巴液的特殊通道逐渐被证明是组织间液^[10]。组织间隙的液体一直被认为是蛋白聚糖细丝局部夹带的^[11],而人类肢体远端的局部液体仅被静脉和淋巴管吸收。关于其是否可以流通以及如何流通是一直以来争论的焦点。

李宏义及其团队^[10]通过对太溪穴皮下注射荧光素钠,发现可在小肠、右上肺静脉和心脏的冠状沟、前后室间沟、左右心耳和心包液中观察到聚集,提示组织间液可进行流通,并且与经络循行密切相关,提出经络的本质为组织液循环。而后通过在截肢患者和健康志愿者的手足部穴位皮下注射荧光示踪剂,应用micro-CT扫描发现荧光剂进入皮下后,经组织间液循着皮肤中的三维纤维骨架流动^[12-13],结合X射线相衬微观断层成像技术和计算机图形处理技术,初步构建了人体皮肤中的三维纤维骨架^[14]。为了研究流通孔径的尺寸,应用到了量子点微球技术,分别给两具尸体注射0.5 mL尺寸为10 nm和110 nm的量子点微球,经

收稿日期:2021-03-06

修回日期:2022-03-10

* 国家自然科学基金委员会重点国际(地区)合作与交流项目(81820108033);不同途径“调枢通胃”干预功能性消化不良的“脑-肠-微生态”效应机制研究,负责人:魏玮。

** 通讯作者:魏玮,主任医师,教授,博士研究生导师,主要研究方向:中医药防治脾胃病的临床和实验研究。

过2.5 h的胸外按压,仅能见到10 nm尺寸微球体的转运^[15],从而初步确定流通孔径仅能允许较小的物质通过。

组织液循环的发现,不仅为阐释经络本质提供了一个思路,也创造了一个新的给药途径。穴位注射疗法在临床广泛应用于骨关节疾病、带状疱疹、面瘫、内分泌、消化系统等疾病。李青等^[16]分别应用正、负、中性电荷修饰的18纳米氨基修饰 Fe_3O_4 纳米颗粒注射在小鼠太溪穴,观察纳米颗粒流动情况,发现带负电荷的纳米颗粒起始流通速度最快,然而平均速度低于正电荷和中性电荷纳米颗粒,为后续组织间液给药奠定了一定基础。

到目前为止,经络的本质仍是黑箱,是否存在连通穴位的有形结构仍不能下定论。笔者认为经络的本质并非单一管道或是淋巴液,其沟通机制涉及神经传递、体液传递、神经-内分泌-免疫调节等多种途径。针灸治疗不同疾病的机制亦有不同,纳米技术作为一种优秀的技术,应用于针灸效应的研究或可有更大突破。

1.2 疗效生物学机制研究

针灸治疗疾病以经络腧穴理论为指导,在针刺穴位后,通过手法操作使得气,得气与否是疗效和预后的关键。针具的材质、粗细、温度,选穴,操作者的手法、针刺深度、留针时间等因素均直接影响得气与治疗效果。而美国理疗协会的“干针”疗法^[17],使用细针穿透皮肤,刺激皮下的筋膜触发点、肌肉、结缔组织,以治疗神经肌肉骨骼疼痛和运动障碍^[18],具有很好的临床疗效。其刺激点往往是通过触诊寻找痛点,而无穴位概念。这对传统针灸带来冲击和挑战,如何证明穴位存在特异性,阐明腧穴特异性的现代科学机制是中国针灸面临的一大难点。

Shenbin Liu等^[19]应用荧光金逆行标记神经元,证明了针刺起效的关键结构为背根神经节感觉神经元,根据神经纤维的分布可以逆向地预测针刺效果,为腧穴的特异性提供神经解剖学基础。除不同穴位起效神经通路上的差异外,不同穴位局部的生物分子改变,也可体现腧穴特异性。纳米传感器可实现在体内实时检测生物分子,观察针刺生物学效应和生物学功能,且具有极高的敏感性和特异性。目前有基于纳米材料碳纳米管修饰的纳米针灸传感针研究^[20],能够实时检测穴位局部的5-羟色胺水平。在体外,该传感器可实时检测复杂培养基中的信号。但该研究尚未将

纳米传感器用于测量针刺作用后产生的5-羟色胺浓度,故其实用性还有待验证。Li^[21]等通过柠檬酸铁功能化的金纳米颗粒(CA-Fe III / Au NPs)开发了一种灵敏传感器,用于多巴胺(Dopamine, DA)的灵敏检测,通过在针灸治疗的小鼠的预处理血清和脑脊液中检测DA分别达到0.1 nm和2.5 nm DA的检测极限。Li^[22]等还通过功能化的金纳米颗粒和大环胺拉曼标签作为平台,开发出了灵敏检测三磷酸腺苷(ATP)的针灸针,在含有目标ATP的复杂血清中,活性针可有效检测100 nm浓度的ATP分子。唐丽娜等^[23]利用石墨烯优秀的导电能力和铁卟啉对一氧化氮的特异性电催化活性,制备出了对一氧化氮高度灵敏的传感材料,并将该材料附着于针体表面,得到了新型传感器,可监测细胞内一氧化氮的水平,一氧化氮作为内源性血管舒张因子,对阐释针刺效应机制有重要意义。

除局部生物化学信号变化外,物理参数(如压力)改变的捕捉与定量亦是阐释针刺效果的关键^[24]。在与纳米技术进行学科交叉前,为了定量针刺压力与捻转角度等参数,多使用光学传感器对针头运动和压力进行测量,由于仅能在体外进行测量,往往不够客观^[25]。Han等^[26]将纳米级六轴力/力矩传感器(ATI Nano-17)安装在针具的手柄上,以实时测量压力和扭矩,发现旋转角度的变化对组织的相互作用力要大于手法频率的变化。但目前的研究仍未能实现体内测压^[27]。纳米压力感受器与针具的结合有望实现实时监测组织内部真实压力和刺激量,若能联合生物化学信号的变化,得到最佳生理刺激的参数值,就有望实现针刺的标准化。

1.3 增强治疗效果

1.3.1 优化针具性能

针感是指针刺入腧穴或其他部位,施以一定的行针手法之后,针刺部位产生的感应。研究显示,使用更粗的针具或加深针刺深度可增强针感^[28]。如何增强针感的同时又不会增加病人的痛苦是一个重要的临床问题。In SL^[29]等应用纳米圆锥形孔修饰针灸针,将针具表面积增加20倍,通过动物实验证实多孔针灸针对电生理、行为学及镇痛较普通针灸针更有效。Lee等^[30]应用纳米多孔针灸针治疗大肠癌大鼠,证明纳米表面修饰可增强治疗效果。Bae SJ等^[31]在炎性动物模型上证实纳米表面修饰的针灸针镇痛作用可持续超过2 h,而传统针灸仅能维持30分钟,更验证其机制为增加了局部的机械阻力,显示出巨大的治疗前景。

1.3.2 穴位注射

穴位注射在临床应用广泛,可治疗多种急慢性疾病。其中蜂毒是一种应用和研究广泛的注射剂^[32],对帕金森、神经性疼痛、阿尔茨海默氏病、椎间盘疾病、脊髓损伤、肌肉骨骼疼痛、关节炎、多发性硬化、皮肤病甚至癌症均有治疗作用^[33]。但也有研究显示蜂毒穴位注射后过敏可导致严重过敏事件,甚至威胁生命^[34]。Mao等^[35]制备了蜂毒素纳米脂质体,证明其具备相同疗效的同时减少了炎症和过敏反应。此外,纳米微针^[36-37]的皮肤给药已研究十分广泛,可实现无痛无创经皮给药,避免了首过效应,联合穴位给药或许能达到更好的临床疗效。中药穴位注射是临床常用的治疗手段,纳米中药或纳米修饰为载体的中药,可使药物易于到达病变组织,提高药物的特异性和药物利用效率,减少药物使用剂量,减轻药物的毒副作用。

1.3.3 穴位埋线

穴位埋线多采用羊肠线埋入特定穴位起到长效刺激的作用,被广泛应用于肥胖、便秘、痛经、失眠等疾病的治疗。然而在临床应用过程中不良反应往往难以避免,羊肠线为异体蛋白,易激活免疫系统出现排异反应,优化线体材料势在必行。将纳米技术与可吸收缝线进行整合,如银纳米线,引入了银的消炎能力,又可保留穴位刺激和局部药物释放作用,可有效减少不良反应^[38]。任晓艳等^[39]通过观察埋入纳米银丝线与羊肠线之后受试者的体温变化情况,发现埋入第一天均有轻度的体温升高,纳米银丝线在第2天温度就明显下降,第3天就能恢复到埋入前水平。而羊肠线直到第14天才回到埋入前水平,说明纳米银丝线可极大地减少排异反应。疗效方面,任晓艳也认为纳米银丝线具有作用持久,效果显著的特点^[40]。

纳米针灸材料的临床应用仍不普及,一方面,性能优化的针具大多处于动物研究阶段,且针对单一临床问题的针具临床受众小,应用受限;另一方面,无论器材本身还是注射用药物的安全性研究仍不足。

2 纳米针灸材料的生物相容性

针灸自身的不良反应发生率是很低的,Adrian White^[41]的研究显示,针灸治疗的严重不良反应发生率约为0.05%。研究显示,针刺用于特殊人群即儿童^[42]与孕期妇女^[43],不良反应的严重程度均为轻中度,发生率为1.3-11.8%。然而纳米针灸材料的生物相容性研究还较少,随着纳米新材料针灸针的技术逐渐成熟,

越来越多的学者关注到安全性。

Sorcar S等^[44]研究了其团队研制的具有分级纳米/微米级多孔表面拓扑结构的新型针灸针的生物相容性。在针灸治疗过程中针灸针的物理特性包括是否易断、弹性大小以及是否耐酸耐碱等对操作安全性至关重要,经机械测试,该纳米针灸针具备相应的物理性质。此外,经过皮内反应性测试未发现红斑、水肿及毒性反应,证实其在生物学上为惰性。说明纳米针灸材料临床应用具有一定安全性。

纳米银是新型针灸针与穴位埋线的常用材料。银具有抑菌特性,常被作为植入式医疗器械使用^[45-46]。研究显示植入银涂层假体后血清银将会升高,局部组织细胞可观察到银的金属沉积物^[47],而去除植入物后,纳米银可在24周内排出,且毒性反应主要为体现在局部^[48]。虽然针灸针与穴位埋线在体时间较植入式器械短,但其不良反应与可能的毒性还是不可忽略。

3 研究策略探讨

纳米技术作为一种技术手段,需要在针灸经络理论的指导下,用于解决针灸科研和临床应用的实际问题,才能发挥最大作用。根据针灸经络和纳米技术各自的特点,笔者认为针灸与纳米技术的学科交叉可以从以下几个方面深入研究。

3.1 以问题为导向,用纳米技术阐释针刺疗效

经络的本质是什么很难有确定答案,其本质很难用单一结构解释。而纳米技术作为一种新材料和新方法,必须以实体作为研究对象。凤汉系统和组织液循环亦可能是信号传递的通路之一,此外,神经、血管、淋巴、内分泌等亦有传递针刺信号的作用。纳米技术的特长在于采集信号和体内成像,针对针灸确有疗效的病种,具体问题具体分析,探讨穴位和疾病的关系,穴位和疗效的关系以及刺激量和疗效的关系^[49],开展现代经络本质研究。

3.2 整合现有纳米传感器,研制多功能智能纳米针灸针用于阐释针刺机制

针刺起效机制是个复杂的生理过程,单一神经递质、信号分子、物理量改变均不足以解释。对现有纳米传感器进行充分整合,并联合其他生物检测手段,构建生物信息网络是解释针刺复杂作用机制的可行之路。该类研究也已经取得了一定程度的进展,Christine Nardin等^[50]已经有了整合酶-碳纳米管传感器测量和传递温度、PH和内源性代谢物的进展。此

外,纳米芯片或纳米多功能传感器,有望通过检测和监测到的针刺诱导的生物活性分子的变化和刺激参数之间的关系,得到最佳刺激参数,形成针刺标准化。

3.3 发挥纳米材料多种特性,实现针刺疗效最大化

现有纳米技术增强治疗效果的应用多数仅利用了纳米材料的单一特性,如利用其体积优势增加针具刺激面积,利用其抗菌性能制造了银纳米线。纳米材料具有众多特性,多孔纳米针灸针可在增加刺激面积的同时,在孔穴内搭载药物进入穴位,靶向导入纳米

药物,增强治疗效果等,甚至同时具有传感器作用,使针刺疗效最大化。

3.4 加快生物相容性研究,促进临床转化应用

目前,纳米针灸材料的器械多处于研究与试验阶段,以增强疗效与增加功能为主。在技术逐渐成熟之后,安全性研究是其走向大规模临床应用的必经之路。未来还需加快对新型材料的生物相容性研究包括组织相容性、血液相容性、细胞毒性测试、全身毒性测试、炎症相容性以及机械特性等^[51],减少医患对使用新材料的心理负担,促进临床转化应用。

参考文献

- 1 Bayda S, Adeel M, Tuccinardi T, et al. The history of nanoscience and nanotechnology: from chemical-physical applications to nanomedicine. *Molecules*, 2019, 25(1):112.
- 2 刘晓辰,张蓉,杨云霜. 纳米技术在中医中的应用. 内蒙古医科大学学报, 2014, 36(5):458-464.
- 3 Camarca A, Varriale A, Capo A, et al. Emergent biosensing technologies based on fluorescence spectroscopy and surface plasmon resonance. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(3):906.
- 4 Calle D, Ballesteros P, Cerdán S. Advanced contrast agents for multimodal biomedical imaging based on nanotechnology. *Methods Mol Biol*, 2018, 1718:441-457.
- 5 Hussain Y, Luqman S, Meena A. Research progress in flavonoids as potential anticancer drug including synergy with other approaches. *Curr Topics Med Chem*, 2020, 20(20):1791-1809.
- 6 Shende P, Shah P. Carbohydrate-based magnetic nanocomposites for effective cancer treatment. *Int J Biol Macromol*, 2021, 175:281-293.
- 7 宋晓晶,王广军,李宏彦,等. 经络研究60年——一条多学科交叉之路. 针刺研究, 2021, 46(6):527-532.
- 8 Kovacs F M, García A, Mufraggi N, et al. Migration pathways of hypodermically injected technetium-99m in dogs. *Eur Radiol*, 2000, 10(6):1019-1025.
- 9 Kovacs F M, Gotzens V, García A, et al. Experimental study on radioactive pathways of hypodermically injected Technetium-99m. *J Nucl Med*, 1992, 33:403-407.
- 10 Li H Y, Chen M, Yang J F, et al. Fluid flow along venous adventitia in rabbits: is it a potential drainage system complementary to vascular circulations?. *PLoS One*, 2012, 7(7):e41395.
- 11 Levick J R. Flow through interstitium and other fibrous matrices. *Q J Exp Physiol*, 1987, 72:409-437.
- 12 Li H Y, Tong J B, Cao W G, et al. Longitudinal nonvascular transport pathways originating from acupuncture points in extremities visualised in human body. *Sci China Press*, 2014, 59(35):5090-5095.
- 13 Li H, Yang C, Lu K, et al. A long-distance fluid transport pathway within fibrous connective tissues in patients with ankle edema. *Clin Hemorheol Microcircul*, 2016, 63(4):411-421.
- 14 元明霞,陈晓伟,宋波,等. 基于X射线相衬显微断层成像的真皮纤维架构表征. 核技术, 2020, 43(7):17-23.
- 15 Li H Y, Yang C Q, Yin Y J, et al. An extravascular fluid transport system based on structural framework of fibrous connective tissues in human body. *Cell Prolif*, 2019, 52(5):e12667.
- 16 李青,曹玉鹏,周笑寒,等. 不同表面电荷纳米颗粒在血管外膜传输通路中的传输行为研究. 磁共振成像, 2020, 11(2):134-140.
- 17 Travell J, Bobb A L. Mechanism of relief of pain in sprains by local injection technics. *Feder Proceed*, 1947, 6(1):378.
- 18 程颖,银子涵,朱朝玺,等. 国外“干针”与中医针灸的比较. 世界科学技术-中医药现代化, 2020, 22(8):2717-2726.
- 19 Liu S, Wang Z, Su Y, et al. A neuroanatomical basis for electroacupuncture to drive the vagal - adrenal axis. *Nature*, 2021, 598(7882):641-645.
- 20 Li Y T, Tang L N, Ning Y, et al. In vivo monitoring of serotonin by nanomaterial functionalized acupuncture needle. *Sci Rep*, 2016, 6: 28018.
- 21 Li P, Zhou B, Cao X, et al. Functionalized acupuncture needle as surface-enhanced resonance raman spectroscopy sensor for rapid and sensitive detection of dopamine in serum and cerebrospinal fluid. *Chemistry*, 2017, 23(57):14278-14285.
- 22 Li P, Ge M, Lin D, et al. Functionalized acupuncture needle as a SERS-active platform for rapid and sensitive determination of adenosine triphosphate. *Anal Bioanal Chem*, 2019, 411(22): 5669-5679.
- 23 唐丽娜,李玉桃,梁凤霞,等. 针灸传感针的研制及在中药活性成分调控细胞一氧化氮释放检测中的应用研究. 中华中医药杂志, 2019, 34(8):3435-3439.
- 24 马旭,沈婧蕾,杨华元. 针刺手法参数采集及量效关系分析. 上海针灸杂志, 2020, 39(11):1479-1482.
- 25 Davis R T, Churchill D L, Badger G J, et al. A new method for quantifying the needling component of acupuncture treatments. *Acupunct Med*, 2012, 30(2):113-119.

- 26 Han Y J, Yi S Y, Lee Y J, *et al.* Quantification of the parameters of twisting-rotating acupuncture manipulation using a needle force measurement system. *Integr Med Res*, 2015, 4(2):57-65.
- 27 Lyu R, Gao M, Yang H, *et al.* Stimulation parameters of manual acupuncture and their measurement. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2019, 2019:1725936.
- 28 万民生. 大针深刺临证探究. *内蒙古中医药*, 2017, 36(7):59-61.
- 29 In S L, Gwak Y S, Kim H R, *et al.* Hierarchical micro/nano-porous acupuncture needles offering enhanced therapeutic properties. *Sci Rep*, 2016, 6:34061.
- 30 Lee B R, Kim H R, Choi E S, *et al.* Enhanced therapeutic treatment of colorectal cancer using surface-modified nanoporous acupuncture needles. *Sci Rep*, 2017, 7(1):12900.
- 31 Bae S J, Lim J, Lee S, *et al.* Augmented mechanical forces of the surface-modified nanoporous acupuncture needles elicit enhanced analgesic effects. *Front Neurosci*, 2019, 13:652.
- 32 Zhang S, Liu Y, Ye Y, *et al.* Bee venom therapy: Potential mechanisms and therapeutic applications. *Toxicon*, 2018, 148:64-73.
- 33 Lin T Y, Hsieh C L. Clinical applications of bee venom acupoint injection. *Toxins (Basel)*, 2020, 12(10):618.
- 34 Chermiack E P, Govorushko S. To bee or not to bee: The potential efficacy and safety of bee venom acupuncture in humans. *Toxicon*, 2018, 154:74-78.
- 35 Mao J, Liu S, Ai M, *et al.* A novel melittin nano-liposome exerted excellent anti-hepatocellular carcinoma efficacy with better biological safety. *J Hematol Oncol*, 2017, 10(1):71.
- 36 周逸轩, 金银秀, 蒋旻昀, 等. 微针与新型经皮给药载体结合的研究进展. *中国现代应用药学*, 2020, 37(17):2170-2176.
- 37 黄媛媛, 富秋涛, 黄克威. 纳米微针联合自体血清穴位注射治疗面部敏感性皮肤的临床应用. *中国医疗美容*, 2017, 7(4):97-100.
- 38 吴学玉, 陈贵珍, 李艺彤, 等. 穴位药线植入疗法存在的关键问题及应对策略. *中国针灸*, 2019, 39(1):81-85.
- 39 任晓艳, 周双琳, 李洪娟. 穴位埋入纳米银丝线与羊肠线在红外热像中的差异研究. *北京中医药大学学报(中医临床版)*, 2009, 16(2):20-21.
- 40 任晓艳. 穴位埋线治疗肥胖症. *上海针灸杂志*, 2012, 31(1):67-68.
- 41 White A. A cumulative review of the range and incidence of significant adverse events associated with acupuncture. *Acupunct Med*, 2004, 22(3):122-133.
- 42 Adams D, Cheng F, Jou H, *et al.* The safety of pediatric acupuncture: a systematic review. *Pediatrics*, 2011, 128(6):e1575-1587.
- 43 Park J, Sohn Y, White A R, *et al.* The safety of acupuncture during pregnancy: a systematic review. *Acupunct Med*, 2014, 32(3):257-266.
- 44 Sorcar S, Grimes C A, In S I. The biocompatibility of nanoporous acupuncture needles. *J Acupunct Meridian Stud*, 2018, 11(3):107-115.
- 45 Harges J, von Eiff C, Streibueger A, *et al.* Reduction of periprosthetic infection with silver-coated megaprotheses in patients with bone sarcoma. *J Surg Oncol*, 2010, 101(5):389-395.
- 46 Hauschild G, Harges J, Gosheger G, *et al.* Evaluation of osseous integration of PVD-silver-coated hip prostheses in a canine model. *Biomed Res Int*, 2015, 2015:292406.
- 47 Scoccianti G, Frenos F, Beltrami G, *et al.* Levels of silver ions in body fluids and clinical results in silver-coated megaprotheses after tumour, trauma or failed arthroplasty. *Injury*, 2016, 47 (Suppl 4):S11-S16.
- 48 Hadrup N, Sharma A K, Jacobsen N R, *et al.* Distribution, metabolism, excretion, and toxicity of implanted silver: a review. *Drug Chem Toxicol*, 2021, 30:1-10.
- 49 Kim B H. Study on the reality of acupuncture meridians. *J Jo Sun Med*, 1962, 9:5-13.
- 50 Nardini C, Carrara S, Liu Y, *et al.* i-Needle: Detecting the biological mechanisms of acupuncture. *Science*, 2014, 346(ARTICLE):S21-S22.
- 51 李启荣, 李文博, 牛楚涵, 等. 骨科用钛合金表面改性技术与生物相容性研究进展. *钛工业进展*, 2021, 38(5):41-48.

Discussion on the Current Situation and Strategy of Interdisciplinary Acupuncture and Moxibustion and Nanotechnology

Fang Shuangshuang¹, Du Sijing¹, Cao Zeng^{1,2}, Yang Yang¹, Wei Wei¹

(1. Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China; 2. Graduate School, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China)

Abstract: Nanotechnology has excellent properties that are different from macroscopic substances and has shown great application prospects in the medical field. The author analyzed and summarized some research results of acupuncture and moxibustion and nanotechnology in recent years, and found that nanotechnology has been applied in the study of the essence of meridians, the exploration of the biological mechanism of curative effect, and the enhancement of curative effect. It is proposed that in the future, we should focus on interdisciplinary research that is problem-oriented,

integrating multiple sensing functions and multiple properties of nanomaterials, as well as the biocompatibility research of new nanomaterials to promote clinical translational applications.

Keywords: Acupuncture and moxibustion, Meridian, Nanotechnology, Interdisciplinary, Research strategy

(责任编辑: 周阿剑、刘玥辰, 责任译审: 周阿剑, 审稿人: 王瑀、张志华)