

引用: 费红琳, 黄理杰, 陆东海, 等. 基于视觉的腰背部中医通络机器人穴位定位方法[J]. 现代中医药, 2023, 43(5): 24-30.

基于视觉的腰背部中医通络 机器人穴位定位方法^{*}

费红琳¹ 黄理杰² 陆东海¹ 郭程湘¹ 杨仁轩^{3**}

(1. 广东省郭氏医学保健研究所, 广东 广州 510530; 2. 广东省新黄埔中医药联合创新研究院, 广东 广州 510530; 3. 广东省中医院, 广东 广州 510120)

摘要: **目的** 加快中医药守正创新、传承发展, 打破传统中医药传承方式方法的局限性。 **方法** 以全国名老中医药专家的中医畅气通络特色疗法技术为切入, 将该中医成果转化为中医通络机器人, 其中包含了机器人力控技术、3D 视觉识别技术、人工智能辅助定位技术、语音交互技术等, 循经取穴是中医成果转化中非常核心的技术, 本项目使用视觉相机作为工具, 进行训练样本采样、深度学习模型训练得到智能中医穴位定位模型。并根据训练完成的模型进行样本的预测, 实现对未知的人体数据进行穴位识别。其间对多种人工智能模型精度进行了系统的评估, 包括基于位置回归的 RESNET、基于热图回归的 UNET 以及基于注意力机制的 DMNET 网络。 **结果** 基于位置回归的 RESNET 方案鲁棒性很高, 能够保留不同穴位之间的结构相关性。最终使用基于 RESNET 的网络结构进行最终的模型部署实验, 评估结果在不同的穴位上存在一定差异。 **结论** 应用该方法的中医畅气通络机器人可实现名老中医的部分特色手法。

关键词: 畅气通络疗法; 通络机器人; 穴位定位; 中医按摩机器人; 中医特色疗法

中图分类号: R245-33

文献标识码: A

文章编号: 1672-0571(2023)05-0024-07

DOI: 10.13424/j.cnki.mtcm.2023.05.005

A Vision Based Acupoint Localization Method for Traditional Chinese Medicine Tongluo Robot in the Lumbar and Back

FEI Honglin¹ HUANG Lijie² LU Donghai¹ GUO Chengxiang¹ YANG Renxuan³

(1. Guangdong Guoshi Medical and Health Research Institute, Guangzhou 510530, China;

2. Guangdong New Huangpu Traditional Chinese Medicine Joint Innovation Research Institute, Guangzhou 510530, China;

3. Guangdong Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510120, China)

Abstract: **Objective** To accelerate the innovation, inheritance and development of traditional Chinese medicine, and break the limitations of traditional Chinese medicine inheritance methods. **Methods** The method of this project is derived from the Changqi Tongluo characteristic therapy technology of traditional Chinese medicine, which is developed by renowned experts in traditional Chinese medicine in China. The traditional Chinese medicine achievement is transformed into a traditional Chinese medicine Tongluo robot, which includes robot force control technology, 3D visual recognition technology, artificial intelligence assisted positioning technology, voice interaction technology, etc. Acupoint selection along the meridian is a very core technology in the transformation of traditional Chinese medicine achievements. This project uses a visual camera as a tool to conduct training sampling, deep learning model is trained to obtain an intelligent

^{*} **基金项目:** 广东省新黄埔中医药联合创新研究院联合创新研究项目(2021IR003); 中医畅气通络“智能佛手”机器人-广州高新技术产业开发区

^{**} **通讯作者:** 杨仁轩, 主任医师。E-mail: yrxtcm@126.com

traditional Chinese medicine acupoint localization model. And predict samples based on the trained model to achieve acupoint recognition of unknown human data. During this period, a systematic evaluation was conducted on the accuracy of various artificial intelligence models, including RESNET based on position regression, UNET based on heat map regression, and DMNET network based on attention mechanism. **Results** The RESNET scheme based on position regression has high robustness and can preserve the structural correlation between different acupoints. The final model deployment experiment was conducted using a RESNET based network structure, and the evaluation results showed certain differences in different acupoints. **Conclusion** The application of this method in the traditional Chinese medicine Changqi Tongluo robot can achieve some unique techniques of renowned traditional Chinese medicine.

Key words: Smooth Qi and dredge collaterals therapy; Tongluo robot; Acupoint positioning; Traditional Chinese medicine massage robot; Traditional Chinese medicine characteristic therapy

峨嵋武医畅气通络疗法,为全国名老中医药专家郭程湘所创,气血经络理论是畅气通络疗法诊治疾病的理论本源。气血阴阳及经络气化功能的失衡是临床痛痹疾病发生的根本病机,运用推拿、点穴手法可调整经络系统中的气血运行状态,疏通经脉,调养气血,激发经气,经临床实践和研究证实,该疗法治疗颈椎病、肩周炎、腰椎间盘突出症,膝骨关节炎,偏头痛,睡眠障碍,亚健康状态,以及部分内科杂症等皆有非常好的疗效,具有很高的推广价值^[1-8]。

为了更好地挖掘“畅气通络”疗法的临床价值,更高效地传承与普及推广该疗法,研究中医畅气通络智能机器人非常有必要。经络的疏通是“畅气通络”疗法治疗疾病的首要条件,如何循经取穴非常重要,中医按摩机器人的穴位识别、穴位跟踪等技术已有不少专家学者们进行了研究,如杜光月等利用三维坐标测量仪测量若干人体穴位坐标数据,基于神经网络理论中的学习功能,设计实现按摩机器人在人体穴位寻找方面的功能^[9]。董诗绘等根据 ABB 机器人机械手在空间上的运动指令,设计其在人体表面的坐标位移与定位,从而识别人体经络穴位^[10]。党丽峰等针对患者在按摩过程中移动的现象,研究了一款能够实现实时图像采集分析、坐标变换的穴位跟踪系统^[4]。

基于视觉的腰背部中医通络机器人通过用视觉相机作为工具,进行采样、并对样本进行训练、并根据训练结果,达到对新目标进行穴位识别的目的。

1 腰背部中医通络机器人结构

中医通络机器人是基于全国名老中医药专家

郭程湘老师的中医畅气通络特色疗法,将机器人力控技术,3D 视觉引导技术,人工智能辅助定位技术,语音交互技术等与该疗法理念、技法结合,研发的一套针对腰背部的安全、舒适的中医通络智能协作机器人^[12]。

腰背部中医通络机器人的主要机械结构包括协作机器人机械臂、视觉相机、传感器、按摩头等^[13-14]。该设备主要实现对人体背部穴位的推拿按摩。如图 1。

机器人上位机系统共有 6 个模块组成,分别是界面模块,图像采集模块,AI 穴位识别模块,运动规划模块^[15],力控算法模块,按摩头控制模块^[7]。如图 2。

其中界面模块主要的功能是接受用户的输入请求例如用户登录,用户的功能选择例如力度调整按摩方式,温度调整,速度调整,接收用户的请求之后软件系统开始内部操作,开始调用其他的功能模块。

图像采集模块连接的是 3D 视觉相机,用来采集人体背部的照片和深度信息,是系统的输入^[16]。

AI 识别模块,判断用户背部穴位位置信息,它实现功能的基础是依靠大量数据训练的神经网络,依据这种智能算法可以定位特定的穴位,标定出人体的穴位的坐标和法向量,然后通过共享内存的方式传递给上位机的界面^[17-19]。

运动规划模块,在机械臂运动过程中起主导作用,规划模块使用 AI 识别的穴位信息以及相机获得的 3D 数据信息进行空间位姿的解算以及路径插值,实现对中医手法工程的仿真^[20-22]。

2 穴位定位

其中,穴位定位的流程如图 3。

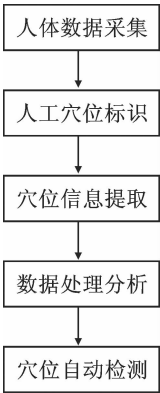


图 3 穴位定位的流程

2.1 样本采集

2.1.1 采集工具 设计一个软件,驱动 3D 立体相机(本项目采用英特尔的 435 相机),并能对目标进行拍照和分类记录。拍照的数据包括 RGB 图像和深度图像等或更多的其他信息。穴位标记为中医专业人士,以免出错和低效。让医学人员在目标实物上作好标记再拍照,由视觉或图像技术人员后期作标记处理。

为了算法工程师后期处理方便,可让医学人员先拍一张未标记的目标(并保存),然后让目标保持不动,在目标上做标记,再拍一张带标记的,并保存,算法工程师后期通过两张图片的差异找出标记点。此操作就如同在图片上作出了标记点。

采集了足够带标记的图片后,可作训练,并建立数字模型,在以后的实际应用中识别目标及其特性,以作运动系统的指引。

2.1.2 样本采样 (1)标记前,拍照并保存,见图 4;(2)用标记物标记关键点后,再拍照并保存,见图 5;(3)变换指定姿势至少 5 种,重复上述两个步骤;(4)标记点的穴位和部位名称,见图 6。

2.2 关键穴位拓展 对足够多的样品进行训练后,以获得的结果,对新目标进行识别,可以识别标记点。但有限的几个标记点,不足以支撑更广的应用,应以这些标记点作为参考点,计算和推导其他关键点^[31]。图 7 为整体穴位图。

比如,采样时并没有标记“命门穴”,但是可以计算和推导出“命门穴”位置,主要是根据已识别

的已知穴位位置与未标记穴位的相对位置关系。

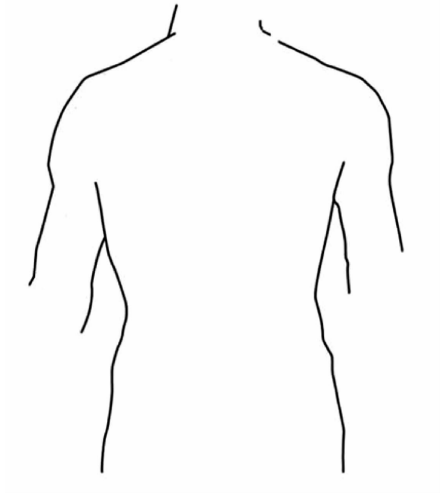


图 4

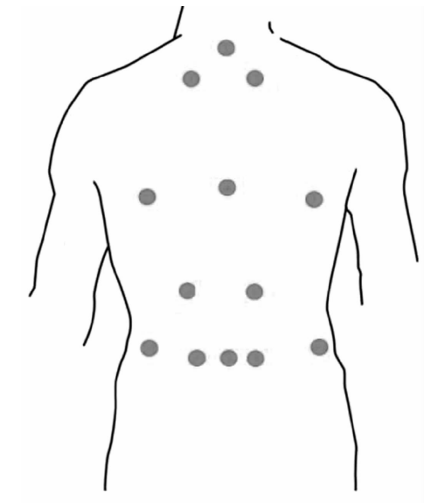


图 5

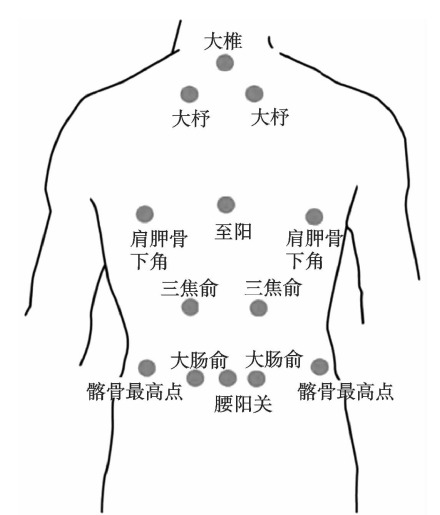


图 6

从医学人体模型可获得,更精准的穴位相对位置如图 8、图 9。

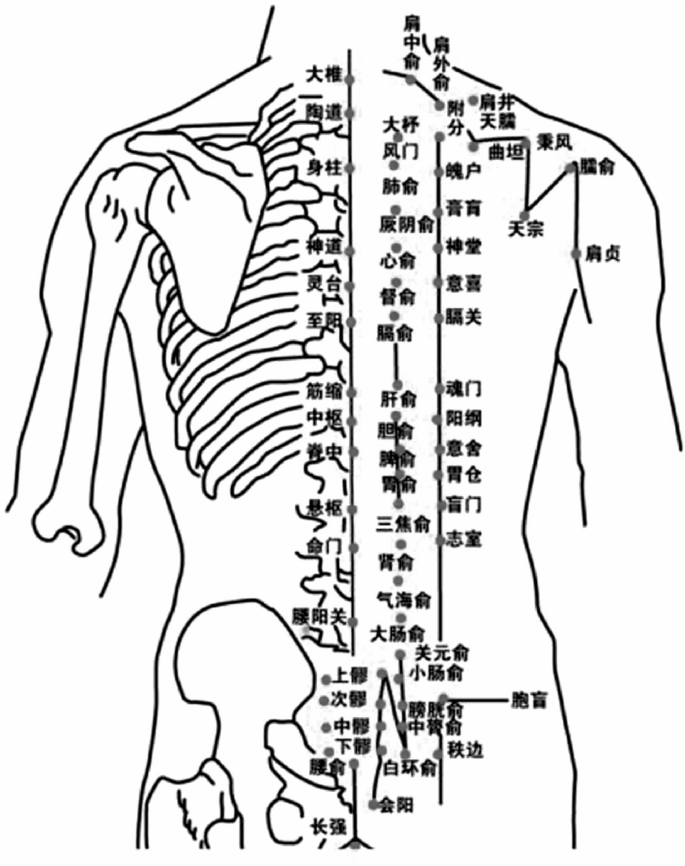


图 7 整体穴位图

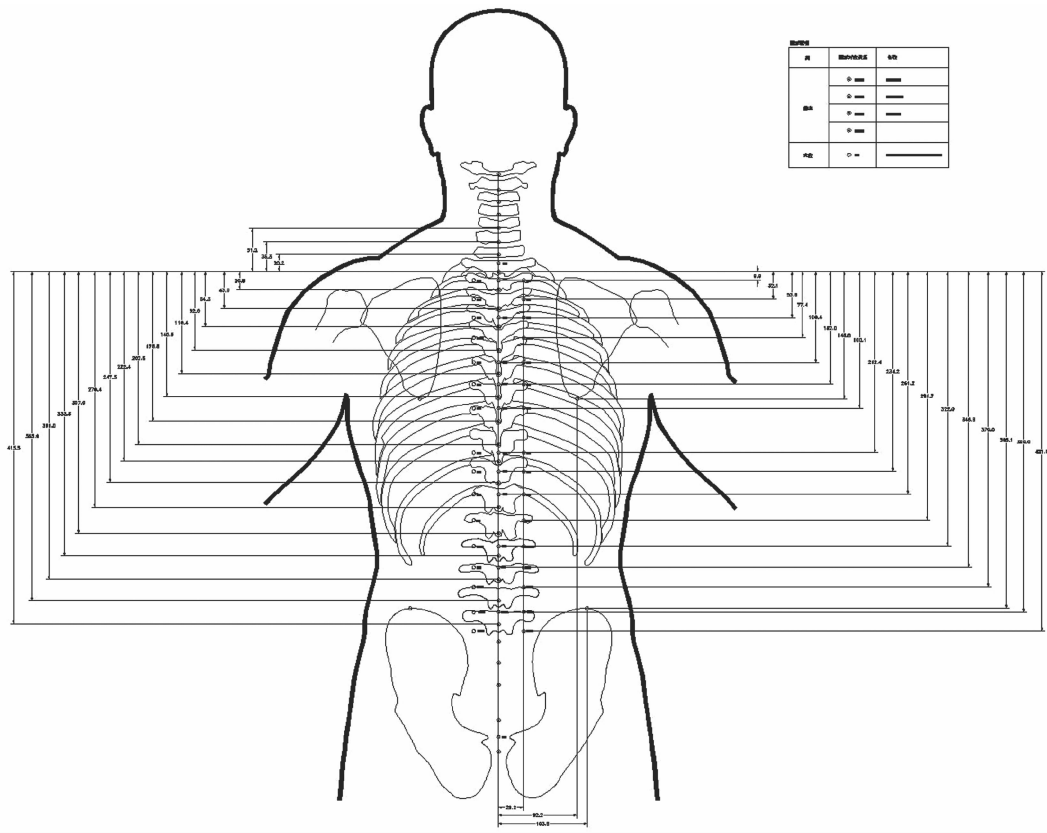


图 8 基于骨骼的穴位位置以及尺寸标柱

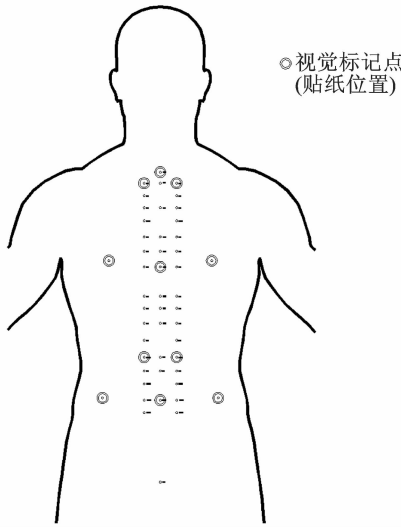


图 9 视觉标记点位置

2.3 穴位识别

2.3.1 穴位识别方法 穴位识别的软件实施中,先建立基于神经网络的计算模型,再通过专业人工标定穴位特征并制造大量数据样本,将这些样本数据投喂模型输入侧,通过多层隐含层进行深度学习,输出侧获得模型特征参数的结果,这些训练的结果将被保存以备后用。在现场对新目标进行识别时,这些模型参数将被用作比对与匹配运算,目标识别结果一般将是与目标最接近的那个样本的参数值,不但如此,参数还被泛化与平均化,更接近真实。在训练过程中,如果发现结果不理想,会调整隐含层中的各参数权重值,重新训练,直至获得理想的输出。本系统中,彩色参数与距离参数的同时结合输入,使得参数的特征差异性更加明显,大大增加了系统的鲁棒性。

对于模型的选择,我们选择了 resnet、unet、dm-net 等优秀的深度学习模型进行训练,在训练之前需要对已有图片进行数据增强,包括平移、旋转、放缩、剪切等空间上的变换以及色彩偏移、亮度变化、对比度变化、随机扣除等色彩上的数据增强,通过数据增强能够获得更多的数据集进行模型训练,防止模型过拟合。针对我们人体背部穴位识别任务,我们还采用了人体分割技术,将人体从背景环境中分割出来,这样能够减少模型对周围环境的关注,将模型的注意力约束到对人体的边缘、结构的关注上^[32]。将分割好并完成数据增强的网络喂入深度学习模型中让其进行学习直至模型收敛。使用该模型即可对新的样本进行预测,从而

实现我们对于人体穴位识别的任务。

2.3.2 穴位识别评测 对 AI 穴位识别系统的精度评估,整个系统误差包括:相机深度数据误差、RGB 相机自身畸变、机械臂手眼标定误差、AI 穴位识别误差等诸多误差形式组成。相机、机械臂导致的误差是硬件本身的误差,需要更换高精度工业 3D 相机来减少此问题,我们主要评估的是 AI 穴位识别系统误差,视觉系统所对标的是人眼穴位定位系统,即先评估人眼穴位定位的误差,再对我们视觉系统的精度进行评估,衡量指标为视觉系统能否逼近甚至超过人眼标注的精度^[33]。人体背部穴位定位的检验方法及步骤:

(1)用未标记穴位位置的人体模型作测试对象。首先中医医生使用穴位标注软件进行人眼视觉标定实验(test1),同时训练好的模型也会对图片中的人体进行穴位的预测(test2)。

(2)中医医生将真实的穴位位置贴上绿色标签,通过视觉系统对这些穴位真实位置标签进行记录(ground truth)。

(3)对医生人眼穴位定位误差进行评估,评估指标为人眼在图片上标注的位置到真实穴位位置的像素距离偏差,计算数据的均值和方差。

(4)对 AI 系统做与医生相同的误差评估。

(5)上述的评估数据可以从我们采集到的数据中来,为保证公平这些数据不会用于模型的训练过程,这些数据可以是新采集的数据,医生与 AI 系统同时对这些数据进行穴位定位,随后进行精度评估。

2.3.3 评估结果 我们对多种人工智能模型精度进行了系统的评估,包括基于位置回归的 RES-NET、基于热图回归的 UNET 以及基于注意力机制的 DMNET 网络。从各个模型在测试集的精度上来讲基于热图回归的模型以平均误差 10 个 pixel 的精度取得了最好的结果,但我们将该网络结构进行实际应用时发现模型的鲁棒性很差,对光影遮挡、衣服褶皱、光源不稳定等诸多情况表现出很明显的精度下降。而基于位置回归的 RESNET 方案鲁棒性很高,能够保留不同穴位之间的结构相关性。应用时即使物理光照环境复杂多样,依旧能保持结构的鲁棒性。我们最终使用基于 RES-NET 的网络结构进行最终的模型部署实验,评估

结果在不同的穴位上存在一定差异,对于大椎穴等颈部附近的穴位定位精度很高,对于大肠俞等臀部附近的穴位定位精度要低一些。

3 结束语

机器人通过大量的人体穴位标识数据采集,不断通过人工智能训练,后期可以实现不用人为干预机器人都可以精准找到人体穴位并减少误差的穴位定位方案,包括了协作机器人本身的机械臂自动轨迹运行、3D 视觉相机的图像采集与识别、六维力传感器的柔顺控制等。应用该方法的中医畅气通络机器人可实现名老中医的部分特色手法。

参考文献

[1] 郭程湘. 峨眉畅气通络精要[M]. 广州:广东科技出版社,2019:9.

[2] 杜光月,鲁守银,张化凯. 中医按摩机器人人体穴位寻找功能设计[J]. 科技通报,2011,27(5):637-640.

[3] 董诗绘,王旭. 基于 ABB 机器人的人体经络腧穴识别[J]. 行业交流,2018(2):187-190.

[4] 党丽峰,罗天瑞,施琴. 基于视觉定位的按摩机器人穴位跟踪系统设计与研究[J]. 农业装备技术,2020,46(4):39-42.

[5] 王逸卉,江森,黄娜,等. 一种基于活动形状模型算法的耳郭穴位定位方法[J]. 北京生物医学工程,2021,40(2):145-150.

[6] 杨志威,冯国斌. 安全中医按摩机器人臂系统研究[J]. 中国设备工程,2021(24):29-30.

[7] 胡磊. 按摩机器人关键技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2015.

[8] 李云江,焦成彬. 按摩机器人捏拿机构的优化设计[J]. 机器人技术,2016(1):40-42.

[9] 王占礼,庞在祥,张邦成. 仿人按摩机器人手臂结构设计及改进[J]. 机械设计与制造,2011(7):38-40.

[10] 严家琪. 仿生柔性按摩机器人的设计与试验研究[D]. 长春:吉林大学,2020.

[11] 李银倩,吕杰,曹金凤等. 国内推拿机器人研究进展[J]. 现代仪器与医疗,2020,26(5):89-93.

[12] 王洪玲,刘存根. 基于模糊控制器的按摩机器人的力度控制[J]. 山东建筑大学学报,2010,25(6):587-590.

[13] 何源,罗金良,严庆. 基于视觉的冗余型机械臂在按摩理疗业的应用探讨[J]. 科技风,2018(6):147.

[14] 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]. World Chinese Medicine,2018,13(8):1992-1996.

[15] 乐文辉. 热敏灸辅助机器人结构设计及其优化与控制[D]. 南昌:南昌大学,2020.

[16] 张俊. 实用新型中医推拿机器人机械臂结构设计与研究[D]. 镇江:江苏大学,2012.

[17] 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.

[18] 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.

[19] 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):306-310.

[20] 匡俐辉. 中医按摩机器人串联机械臂的设计与研究[D]. 镇江:江苏大学,2011.

[21] 鲁守银,李臣. 中医按摩机器人关键技术研究进展[J]. 山东建筑大学学报,2017,32(1):61-68.

[22] 曹端江,刘存根,鲁守银,等. 中医按摩机器人双臂推拿过程的避碰控制[J]. 计算机系统应用,2013,22(5):94-97.

[23] 高焕兵,鲁守银,王涛,等. 中医按摩机器人研制与开发[J]. 机器人,2011,33(5):554-562.

[24] 方礼明,蒋均远,胡磊,等. 中医按摩机器人治疗军事训练伤 50 例分析[J]. 人民军医,2011,54(7):567-568.

[25] 李树佳. 中医热敏灸机器人的视觉建模及轨迹自动规划[D]. 广州:广东工业大学,2021.

[26] 谢俊,张俊,马履中,等. 中医推拿机械臂机构设计及运动仿真[J]. 工程设计学报,2011,18(5):345-348.

[27] 肖春生,何倩伟. 郭程湘采用双凤锤手法推拿治疗急性腰扭伤经验[J]. 广州中医药大学学报,2021,38(3):599-602.

[28] 杨仁轩,郑德采,范京强,等. 郭程湘畅气通络手法精要[J]. 西部中医药,2012,25(6):37-38.

[29] 刁鸿辉,杨仁轩,关铭坤,等. 郭程湘畅气通络治疗腰椎间盘突出症随机平行对照研究[J]. 实用中医内科杂志,2016,30(9):105-110.

[30] 范京强,陈达,郭程湘,等. 郭氏“畅气通络”推拿手法结合针刺治疗急性腰扭伤 70 例疗效观察[J]. 新中医,2012,44(2):81-82.

[31] 肖春生,何倩伟,杨仁轩,等. 气沉丹田在峨眉畅气通络推拿中的作用[J]. 中医药导报,2020,26(11):68-69.

[32] 陈茂水,吴永生,曾浩彬,等. 畅气通络手法治疗颈前路椎间盘切除椎间融合术后疼痛的临床研究[J]. 中国医药导报,2020,17(27):100-103.

[33] 吴树旭,黄俊霖,郭俊彪. 畅气通络点穴法治疗非特异性下腰痛的临床观察[J]. 广州中医药大学学报,2021,38(5):973-979.