

· 基础研究 ·

基于人工智能机械臂探讨一指禅推法人-兔手法压力参数的关系

杨羚, 王继红, 高一城, 纪静芸
(广州中医药大学针灸康复临床医学院, 广东广州 510405)

摘要:【目的】测定人工智能机械臂模拟一指禅推法作用于人-兔体表的力学参数及对比, 为人工智能机械臂模拟手法进行动物实验奠定基础。【方法】应用人工智能机械臂模拟一指禅推法, 在频率固定情况下, 运用MFF多点薄膜压力测试系统检测并记录分别其作用于受试者与家兔的各自轻、中、重3种不同力学层次的压力参数并进行对比分析。【结果】(1)受试者组压力: 轻(5.72 ± 0.23)N, 中(16.80 ± 1.79)N, 重(24.90 ± 0.99)N; 家兔组压力: 轻(1.00 ± 0.38)N、中(2.34 ± 0.96)N、重(4.39 ± 0.47)N。(2)受试者组轻、中、重压力以约10 N、10 N增长, 家兔组则以约1 N、2 N增长。【结论】受试者组与家兔组在同一类型的压力下, 其压力感知评价存在差异但具有一定的比例关系, 本实验根据受试者及家兔轻中重压力参数得出人-兔手法压力参数的关系为 $P_{\text{人体}}=6.16P_{\text{家兔}}$ 。

关键词: 一指禅推法; 人工智能机械臂; 压力参数; 人; 兔

中图分类号: R244.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-3213(2021)10-2231-05

DOI: 10.13359/j.cnki.gzxbcm.2021.10.031

Exploring the Relationship Between Manipulation Pressure Parameters of Humans and Rabbits for Single-Finger Meditation Pushing by Artificial Intelligence Mechanical Arm

YANG Ling, WANG Ji-Hong, GAO Yi-Cheng, JI Jing-Yun

(Clinical Medical School of Acupuncture, Moxibustion and Rehabilitation, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405 Guangdong, China)

Abstract: Objective To determine and compare the mechanical parameters of human-rabbit body surface of artificial intelligence mechanical arm simulating single-finger meditation pushing, so as to lay a foundation for animal experiments of simulation manipulation with artificial intelligence manipulator. **Methods** An artificial intelligence mechanical arm was used to simulate single-finger meditation pushing. The pressure parameters at light, moderate, heavy mechanical levels for the subjects and rabbits manipulated by the artificial intelligence mechanical arm with fixed frequency were detected and recorded by MFF pressure testing system, and then the comparative analysis was conducted. **Results** (1) The pressure of subjects group was light (5.72 ± 0.23) N, moderate (16.80 ± 1.79) N, and heavy (24.90 ± 0.99) N; the pressure of rabbit group was light (1.00 ± 0.38) N, moderate (2.34 ± 0.96) N, and heavy (4.39 ± 0.47) N. (2) The light, moderate and heavy pressure of subjects group increased by about 10 N and 10 N, while that of the rabbit group increased by about 1 N and 2 N. **Conclusion** Under the same type of pressure, there were differences in the evaluation of pressure perception between the subject group and rabbit group, with a certain proportional relationship. According to the light, moderate and heavy pressure parameters of the subjects and rabbits, the relationship between the human-rabbit pressure parameters of manipulation is $P_{\text{human}}=6.16P_{\text{rabbit}}$.

Keywords: single-finger meditation pushing; artificial intelligence mechanical arm; pressure parameters; humans; rabbits

收稿日期: 2020-12-22

作者简介: 杨羚(1995-), 女, 硕士; E-mail: ylyyy0310@163.com

通讯作者: 王继红(1969-), 男, 博士, 教授, 博士研究生导师; E-mail: 13622882891@163.com

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 81873395)

目前,手法基础研究多采用人工操作,其存在主观性强、不统一等人为因素干扰的缺点,严重阻碍推拿基础研究的开展,是推拿科研工作的主要瓶颈之一。而应用人工智能机械臂模拟推拿手法可避免人为因素的干扰,其结果更加客观,通过系统设置机械臂的频率、时间、垂直压力、高度等动力学参数可实现对相关变量的精确控制,使得其操作更具有规范性、统一性、标准性^[1],为推拿科研工作带来了实质性的突破。

目前,在推拿手法动物实验的基础研究中,作用于动物的手法刺激参数多选用作用于人体的参数,人体与动物之间无论是体型、体质量、肌肉紧张程度还是对压力的承受能力等方面均有着很大的差别。因此,人体动力学参数并不适合直接作用于动物,采用相同的手法刺激量容易造成科研结果与临床运用的脱节,背离科研的本质。故本研究通过人工智能机械臂模拟一指禅推法,分别作用于受试者与家兔,根据历代文献记载推拿临床治疗有轻手法、重手法之别,本次测试分为轻、中、重3个维度进行分析对比,初步探究人-兔之间动力学参数的差异及比例关系,以期为推动推拿的动物实验提供参考依据,现将研究结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 受试者 本研究选择7名在校身体健康的大学生,均来源于广州中医药大学,年龄18~22岁,男女比例为4:3,所有自愿者均签署知情同意后后方可进行研究。纳入标准:①年龄要求18~22周岁之间;②四肢健全、中腕穴及双侧天枢穴局部无皮损、无基础疾病、能配合实验的健康大学生;③自愿接受实验并能配合完成整个实验,依从性好的自愿者。排除标准:①不符合纳入标准者;②已接触可能干预到本实验顺利进行的志愿者;③无法配合进行点按中腕穴及双侧天枢穴患者;④患有精神疾病患者、不愿意配合实验方案者。

1.2 新西兰家兔 实验选取清洁级新西兰家兔共7只,雌雄比例为3:4,体质量1.8~2.2 kg,由广东省实验动物中心提供及检疫,实验动物许可证号:SCXK(粤)219-0035。家兔饲养于广州中医药大学科技产业园实验动物中心国家标准实验室,

温度(18~25℃)和湿度[(35±2)%]相对较为恒定,家兔在自然光线下自由进食和饮水,分笼适应性喂养7 d。家兔做好备皮准备,中腕穴及双侧天枢穴剃毛暴露皮肤。

1.3 仪器与校对

1.3.1 机械臂与机械手 实验所使用的人工智能机械臂是来自于广东省深圳市南山区越疆科技有限公司研发的Dobot Magician机器人4.0版。安装Arduino驱动、下载软件、安装机械臂各线路后打开电源,点击复位按钮,然后进行存点,调整X值、Y值使其位于合适的位置。调整速度、加速度、循环等使频率固定为125次/分。手法操作时,下调Z值,使机械臂高度下降,增加压力。机械手温控材料:江苏盐城东台市正龙电热股份有限公司生产的硅胶自然卷针筒加热器及温控数显系统,加热器直径1.5 cm,高2 cm;机械手外观设计:奥克多仿真手指套(2.5 cm×5.6 cm);机械手手指骨架:嘉郡10寸=24 cm木手(右手)。

1.3.2 MFF压力测试系统校对 实验所使用的压力测试系统是由上海邑成测试设备有限公司生产的MFF多点薄膜压力测试系统。薄膜压力传感器选用401型薄膜感受器,数据采集器连接电脑以及调制器,调制器连接传感器,通过标定装置对传感器调制产生的电压信号进行标定,通过计算机对电脑上测试变化的压力曲线进行计算,建立力-电压之间的拟合函数模型 $y=a+bx$,求出 a 、 b 各自数值,输入到采集软件中,并设置数据采集频率为125 Hz/s,通过MFF压力测试系统显示真实的压力值(力学计量单位为N)。

1.4 实验干预

1.4.1 取穴 受试者:嘱受试者平卧,暴露腹部。取中腕穴:身体前正中线上,胸骨下端剑突和肚脐连线中点;天枢穴:肚脐旁开两寸^[2]。

家兔:采用比较解剖学和模拟人体经穴定位法结合进行新西兰兔穴定位^[3]。将家兔固定于操作台上,腹部向上以充分暴露穴位,取中腕穴:胸骨下端和肚脐连线中点;天枢穴:肚脐与腹外侧连线内1/3与外2/3的点。

1.4.2 手法操作 打开计算机及MFF多点薄膜压力测试系统软件,并在另外一台计算机上打开机械臂操作控制软件,机械手温控器设置模拟人体及家兔体温温度,机械手操作于受试者时温控器

设置温度介于36.5~36.9℃,操作于家兔时温控器设置温度介于39.0~39.5℃。操作者将压力薄膜感受器固定于受试者及家兔中腕穴处,缓慢下调Z值,随着压力逐渐增大,询问受试者疼痛感受或观察家兔行为学表现。然后,机械臂开始进行模拟一指禅推法操作,频率固定为125次/min。随着机械臂模拟手法作用过程中询问受试者感受及观察家兔行为表现,即时调整压力值,直到得出稳定压力值后继续操作10 min。最后计算机记录、保存时间-压力变化图,并记录压力值数据,进行数据分析。双侧天枢穴操作同上。

1.5 轻、中、重分级判断标准 受试者轻、中、重分级:在人工智能机械臂一指禅手法作用于受试者中腕穴及双侧天枢穴时,受试者根据自身感受对手法作用时机械力造成的压力疼痛进行轻、中、重度分级。本课题采用国际常用的视觉模拟评分方法(VAS)。在标记有10个刻度的游动尺上,手法操作时让受试者指出疼痛情况:0分为轻度,1~4分为中度,5~10分为重度。记录受试者的VAS评分。

家兔轻、中、重分级:在人工智能机械臂一指禅手法作用于家兔中腕穴及双侧天枢穴时,观察家兔行为表现,通过行为学评分对家兔轻、中、重度压力值进行评定。家兔行为包括呼吸异常、排尿排便、操作时嚎叫、身体僵直、异常体液分泌、保护或绷紧腹部、后肢使用频率变高7次。记录以上7项家兔行为并评定:0项则为轻度,1~2项则为中度,3项及以上为重度。

1.6 统计方法 采用SPSS 25.0统计软件进行数据

分析,数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。组内数据若符合正态分布,采用配对样本 t 检验,组间的数据差异分析对比采用独立样本 t 检验;若不符合正态分布,使用非参数秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 轻度压力结果分析 在轻度压力下,从均值角度分析:受试者组均值为5.63 N,家兔组均值为1.00 N,受试者组均值为家兔组均值5.63倍。从95%置信区间角度分析:受试者组95%置信区间为(5.27~5.98),受试者轻度压力参考值为5.27~5.98 N;家兔组95%置信区间为(0.79~1.22),家兔轻度压力参考值为0.79~1.22 N。见表1。

2.2 中度压力结果分析 在中度压力下,从均值角度分析:受试者组均值为16.80 N,家兔组均值为2.34 N,受试者组均值为家兔组均值的7.18倍。从95%置信区间角度分析:受试者组95%置信区间为(15.14~18.46),受试者中度压力参考值为15.14~18.46 N;家兔组95%置信区间为(1.45~3.23),家兔中度压力参考值为1.45~3.23 N。见表2。

2.3 重度压力结果分析 在重度压力下,从均值角度分析:受试者组均值为24.90 N,家兔组均值为4.39 N,受试者组均值为家兔组均值的5.67倍。从95%置信区间角度分析:从95%置信区间角度分析,受试者组95%置信区间为(23.98~25.81),受试者重度压力参考值为23.98~25.81 N;家兔组95%置信区间为(3.95~4.82),家兔轻重度压力参考值为3.95~4.82 N。见表3。

表1 受试者组与家兔组轻度压力结果

Table 1 Comparison of the light pressure in subject group and rabbit group

组别	压力(N)							均值(\bar{x})	标准差(s)	95%置信区间
	1	2	3	4	5	6	7			
受试者组	5.77	4.98	5.72	6.03	5.88	5.79	5.21	5.63	0.23	5.27~5.98
家兔组	1.05	1.43	0.89	0.71	1.12	0.94	0.88	1.00	0.38	0.79~1.22

表2 受试者组与家兔组中度压力结果

Table 2 Comparison of the moderate pressure in subject group and rabbit group

组别	压力(N)							均值(\bar{x})	标准差(s)	95%置信区间
	1	2	3	4	5	6	7			
受试者组	18.17	14.38	15.43	19.79	15.98	16.77	17.11	16.80	1.79	15.14~18.46
家兔组	3.62	3.62	1.85	2.63	1.54	1.38	1.73	2.34	0.96	1.45~3.23

表3 受试者组与家兔组重度压力结果

Table 3 Comparison of the heavy pressure in subject group and rabbit group

组别	压力(N)							均值(\bar{x})	标准差(s)	95%置信区间
	1	2	3	4	5	6	7			
受试者组	24.88	25.27	24.37	24.78	25.35	24.36	24.27	24.90	0.99	23.98 ~ 25.81
家兔组	4.23	4.57	4.98	3.97	3.89	4.05	5.01	4.39	0.47	3.95 ~ 4.82

2.4 人-兔手法压力参数关系的数学描述 根据人-兔压力学参数转化系数的数学描述, 记人-兔压力学参数转化系数为A值, 受试者轻度压力均值为 \bar{x}_{l1} , 家兔轻度压力均值为 \bar{x}_{l2} , 受试者中度压力均值为 \bar{x}_{m1} , 家兔中度压力均值为 \bar{x}_{m2} , 受试者重度压力均值为 \bar{x}_{h1} , 家兔重度压力均值为 \bar{x}_{h2} 。n为压力参数的维度数, 本实验分为轻、中、重3个压力维度, 故n值取3。具体公式表达如下: $A = \frac{\frac{\bar{x}_{l1}}{x_{l2}} + \frac{\bar{x}_{m1}}{x_{m2}} + \frac{\bar{x}_{h1}}{x_{h2}}}{n}$ 。

由表1分析可知, 受试者组与家兔组轻度压力均值分别约为5.63 N、1.00 N。由表2分析可知, 受试者组与家兔组中度压力均值分别约为16.80 N、2.34 N。由表3分析可知, 受试者组与家兔组重度压力均值分别约为24.90 N、4.39 N。将以上相关实验数据代入公式中, 可得出A值为6.16。

根据人-兔手法压力参数关系的数学描述, 记 $P_{\text{人体}}$ 为机械臂模拟一指禅推法作用于人体的压力参数, $P_{\text{家兔}}$ 为机械臂模拟一指禅推法作用于家兔的压力参数, 人-兔手法压力参数关系表达公式如下: $P_{\text{人体}} = A \cdot P_{\text{家兔}}$ 。

本实验根据受试者及家兔轻、中、重压力参数计算得出A值为6.16, 故人-兔手法压力参数关系可表达为: $P_{\text{人体}} = 6.16P_{\text{家兔}}$ 。

2.5 各组不同动力学系数对比 表4结果显示: 各组内感受不同类型层次的压力对比, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 受试者组与家兔组同一类型层次的压力及两组组间进行比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。表明同一组别施以手法不同类型层次的压力具有明显差异, 且不同组别施以手法同一类型层次的压力同样具有明显差异。

由表4分析可得, 受试者组轻、中、重度压力增长幅度较家兔组更大, 受试者组的变化分别是以约10 N、10 N的变化增长, 而家兔组轻、中、重度压力的变化分别是以约1 N、2 N的变化增长。2组的变化增长有一定的规律, 其中, 受试者

组轻、中、重度压力的增长相对比较均匀, 且增长幅度更大, 而家兔组轻、中、重压力的增长也呈递增趋势但不均匀, 且增长幅度相对较小, 说明人体和家兔对于不同类型层次压力的感知评价并不相同, 人体腹部对于压力变化的感知相对更为均匀且范围更大, 且对于外界压力, 人体腹部具有相对更大的可控压缩空间。

表4 受试者组与家兔组轻、中、重压力比较

Table 4 Comparison of the light, moderate and heavy pressure between subject group and rabbit group ($\bar{x} \pm s$)

组别	轻度压力(N)	中度压力(N)	重度压力(N)
受试者组	5.63 ± 0.23 ^{①③}	16.80 ± 1.79 ^{①②}	24.90 ± 0.99 ^{①②③}
家兔组	1.00 ± 0.38 ^③	2.34 ± 0.96 ^②	4.39 ± 0.47 ^{②③}

① $P < 0.05$, 与家兔组比较; ② $P < 0.05$, 与同组轻度压力比较; ③ $P < 0.05$, 与同组中度压力比较

3 讨论

人工智能是国内外医学领域近年来热门的研究方向, 在推拿手法的基础及应用研究上也越来越引起重视, 这也是将来推拿科研发展的重要方向。例如, 美国伊利诺伊理工学院的Srinivasan Alavandar等^[4]将遗传算法和图像测量技术运用在机器人按摩研究中, 进行了从膝盖到脚踝处的小腿部位肌肉按摩的研究。日本Kazuhiko Terashima等^[5]利用机器人多自由度手指研究了一个能够模拟人们按摩动作的智能按摩控制系统。山东建筑大学和山东康泰实业有限公司承担的国家863计划, 开展了机器人辅助中医按摩技术研究, 研制完成了中医按摩机器人样机和按摩姿态调节平台, 将样机应用于临床并示范模拟操作^[6]。推拿手法作为推拿学的核心要素, 人工智能机械臂可实现规范、标准、统一的手法操作, 对相关变量可精确地控制, 促进了推拿学科建立标准化规范实验及诊疗体系, 也是推拿学未来发展的重要方向。

目前, 在推拿学相关基础研究中, 有较多对于人体的手法动力学参数研究, 而相应的动物研

究也较丰富,但两者的比较研究却很少。喻慧荣^[7]从力学角度将运用于临床的推拿手法作用力分为轻、中、重度3个等级,来进行手法的生物力学参数的研究,通过分析,将作用力的方向归纳为垂直用力、水平用力、多方向混合用力等5个不同方面,其对于手法的分类具有拓展性的临床意义。关于推拿手法的动物实验也有较多研究,如:沈夏虹等^[8]通过观察不同频率一指禅推法对脾虚家兔胃黏膜形态学的改变,探讨手法频率与效应之间的相应关系,得出结论是一指禅推法101~150次/min对脾虚型家兔的胃黏膜形态学改善作用最优;吕桃桃等^[9]通过动物实验探讨推拿对坐骨神经损伤(SNI)大鼠神经损伤点基因表达的影响,阐述了推拿促进周围神经损伤修复的机制。值得思考的一个问题是,应用于人体的动力学参数如压力、频率、作用时间等并不一定适用于动物实验,那么两者是否存在差别、差别有多大以及两者是否存在一定的比例关系是一个很有意义的研究方向。

本实验通过一指禅推法分别作用于受试者与家兔,两者之间存在不同的量化标准,即人与家兔所能感受的手法的最适刺激量是不一致的,其手法的各项参数也有所差异。本实验的相关数据具有较大临床及科研意义,结果显示:一指禅推法在人体腹部轻、中、重压力分别约为 $(5.63 \pm 0.23)N$ 、 $(16.80 \pm 1.79)N$ 、 $(24.90 \pm 0.99)N$,而在家兔腹部操作时其轻、中、重压力则分别约为 $(1.00 \pm 0.38)N$ 、 $(2.34 \pm 0.96)N$ 、 $(4.39 \pm 0.47)N$,受试者组与家兔组在同一类型的压力下,其压力感知评价存在一定的比例关系,人-兔手法压力参数的关系表达为 $P_{\text{人体}}=6.16P_{\text{家兔}}$,这为以后的动物实验提供参考具有更大的可行性。

目前,推拿学发展更多地局限于临床诊疗方面,实验方面的手法研究相对较少,质量较低,人工智能机械臂的介入能够有效提高基础实验的规范性、标准性,且本研究为借用临床中的常用手法参数进行动物实验时提供了人-兔压力参数转

化比值,从而进一步规范了推拿学动物实验研究,促进了临床及动物实验的标准化,可使推拿在国际平台中占有一席之地。不足的是,本研究仅对人-兔一指禅推法压力参数进行了量化研究及比对,但同样的研究方法也可运用到其他推拿手法动力学参数的研究中。除了研究人-兔一指禅推法的压力参数外,今后也可研究本手法的频率、操作时间等是否也存在一定的比例关系。另外,本研究样本量较少,在今后的研究过程中,可以进一步扩大样本量,以得到更翔实的数据和更精确的压力学参数及比例关系,更好地为推拿学基础研究与临床研究服务。

参考文献:

- [1] 王晓宇,李华南,张玮,等.推拿国际化的关键因素——手法标准化建设[J].中华中医药杂志,2020,35(4):1658-1662.
- [2] 王继红,龚利.推拿学[M].2版.上海:上海科学技术出版社,2019:88-89.
- [3] 余曙光,徐斌.实验针灸学[M].2版.北京:人民卫生出版社,2016:273-276.
- [4] ALAVANDARS, SUNDARAM KA, NIGAM MJ. Genetic algorithm based robot massage [J]. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2007, 3(4): 102-109.
- [5] MINYONG P, MOURIK, KITAGAWA H, et al. Hybrid impedance and force control for massage system by using humanoid multi-fingered robot hand [C]. IEEE International Conference on Systems, 2007, (2007): 3021-3026
- [6] 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,2011,3(5):553-562.
- [7] 喻慧荣.按摩手法生物力学析微[J].按摩与导引,2002,10(5):4-6.
- [8] 沈夏虹,王继红.不同频率一指禅推法对脾虚家兔胃黏膜形态学改变的影响[J].中华中医药杂志,2018,33(8):3593-3596.
- [9] 吕桃桃,邵帅,于天源,等.基于RNA测序技术分析推拿对大鼠坐骨神经损伤点的基因表达影响[J].中华中医药杂志,2020,35(5):2589-2592.

【责任编辑:侯丽颖】