

文章编号:1004-7220(2016)02-0154-06

基于视频动作捕捉的针灸手法量化研究

杨 鹏, 孙晓文, 马亚坤, 张春新, 张文光
(上海交通大学 机械系统与振动国家重点实验室, 上海 200240)

摘要: **目的** 通过对提插和捻转两种针灸手法手部相关关节运动角度的精确测定,为针灸手法提供量化依据。**方法** 招募6名有3年以上针灸经验的针灸师志愿者和1名受试者参与实验。运用NDI视频动作捕捉系统,测定提插和捻转两种针灸手法时前臂、腕关节、拇指和食指掌指关节、拇指和食指指间关节的角度,并比较6名针灸师在人体大腿上操作10次提插、捻转手法时前述关节角度变化幅度的差异。**结果** 针灸师手部主要关节角度的变化幅度无显著差异($P > 0.05$)。提插手法主要由腕关节的背屈运动完成,幅度为 $7.23^\circ \pm 1.87^\circ$;捻转手法主要由食指指间关节屈曲完成,其中食指第1、2指间关节运动幅度分别为 $28.33^\circ \pm 2.18^\circ$ 、 $10.43^\circ \pm 1.69^\circ$ 。**结论** 视频动作捕捉可以作为量化针灸手法参数的方法;不同的针灸操作手法表现出特异性的关节角度变化,特异性的关节角度变化可以作为量化针灸操作手法的依据。

关键词: 针灸手法; 针刺; 视频动作捕捉; 关节角度

中图分类号: R318.01 **文献标志码:** A

DOI: 10.3871/j.1004-7220.2016.02.154

Quantification research on acupuncture manipulation based on video motion capture

YANG Peng, SUN Xiao-wen, MA Ya-kun, ZHANG Chun-xin, ZHANG Wen-guang (State Key Laboratory of Mechanical System and Vibration, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: **Objective** To accurately measure the motion angles of hand-related joints when manipulating acupuncture needle for thrusting-pulling and twirling, so as to provide quantitative references for acupuncture manipulation. **Methods** Six acupuncturists with over 3-year acupuncture experience and one volunteer were enrolled in this study. The angles of the forearm, wrist, metacarpophalangeal & interphalangeal joints of the thumb and index finger for each acupuncturist when performing thrusting-pulling and twirling manipulation were measured by the video motion capture (VMC) system, and the different ranges of above-mentioned angles among the 6 acupuncturists when performing 10 trails of thrusting-pulling and twirling manipulations on the volunteer's thigh were compared. **Results** There was no significant difference in the ranges of relevant hand-related angles among the acupuncturists ($P > 0.05$). The manipulation of thrusting-pulling was mainly managed by the wrist joint, with the range of $7.23^\circ \pm 1.87^\circ$, while the manipulation of twirling was mainly managed by the interphalangeal joints of the index finger, and the range of the first and second interphalangeal joints of the index finger was $28.33^\circ \pm 2.18^\circ$ and $10.43^\circ \pm 1.69^\circ$, respectively. **Conclusions** The VMC can be a reliable method to quantify the parameters of acupuncture manipulation. Different acupuncture manipulation shows particular variation of the joint angles, which can be used as a reference to quantify acupuncture manipulation.

Key words: Acupuncture manipulation; Needle; Video motion capture; Joint angle

收稿日期:2015-09-10; 修回日期:2015-10-19

基金项目:国家自然科学基金项目(51175334), 上海交通大学医工(理)交叉基金项目(YG2013MS06)。

通信作者:张文光,副教授, E-mail: zhgw@sjtu.edu.cn。

针灸作为一种传统中医疗法,其临床疗效早已得到了国内外的普遍认可^[1]。目前,针灸治疗仍然存在治病机制不明确、针灸教学依靠经验传授、难以传承的难题^[2]。研究表明,针刺手法的刺激量对针灸的临床疗效有直接影响^[3]。因此,对针灸操作手法进行量化研究,从而为针灸治疗及教学提供科学依据,是针灸研究的重要内容,也已成为针灸研究最前沿的课题。

20世纪90年代初,石学敏院士创新性地提出了“针刺手法量学”理论,对针刺作用力的方向、大小、施术时间、两次针刺间隔时间四大要素进行了界定^[4-5]。从针刺时针体受力和运动状态变化的角度,Robert等^[6]运用自制的传感器将针体的运动参数和阻力转化为电信号;刘堂义等^[7-8]和杨华元等^[9]研制出ATP-I型和ATP-II型针刺手法参数测定仪,采集了针刺操作时针体频率、幅度、受力等各种信号参数;李靖等^[10]采用运动捕捉系统测量了捻转手法的幅度、频率等指标。从针刺安全性的角度,严振国等^[11]和邵水金等^[12]通过尸体解剖量化了穴位的安全针刺深度。从针刺引起软组织移位的角度,Langevin等^[13]运用计算机控制针刺提插、捻转,获得了针刺操作引起软组织移位的超声性成像图。以上文献结果为针灸量化研究奠定了基础,然而有关针灸手法操作的人体运动学研究鲜有报道。因此,从运动生物力学角度对针灸操作者的肢体运动进行分析和量化,能够为针刺操作手法的标准化和规范化提供依据。

近年来,运用视频动作捕捉(video motion capture, VMC)进行人体运动学分析、优化训练动作、提高康复训练水平成为研究热点^[14-17]。Jahn等^[18]运用VMC量化了5个手指侧捏时的关节角度变化,从而评价患者的日常生活活动(activities of daily living, ADL)能力;Gritsenko等^[19]运用VMC对20名接受乳腺癌肿瘤切除手术女性患者18d后的肩关节主、被动运动进行运动学量化,从而为康复治疗师制定更加精确的康复方案提供依据。

本文运用NDI视频动作捕捉系统(NDI公司,加拿大)测定操作者在进行提插和捻转两种应用最广泛的针灸手法时,前臂、腕关节、拇指和食指掌指关节、拇指和食指指间关节的角度变化参数,从而为提插、捻转手法的量化提供依据。

1 实验设备与方法

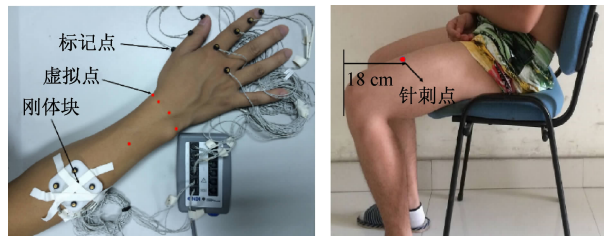
1.1 参与者

6名有3年以上针灸经验的针灸师志愿者,要求手臂无骨折、外伤、肌腱损伤、神经损伤史,无先天手臂、手指、手掌畸形,无神经-肌肉、骨骼-肌肉疾病,关节活动度(range of motion, ROM)在正常范围内,全部都为右利手,拇指不能向指背弯曲(拇指后弯,基因隐性性状)。3名男性,3名女性,年龄为 (28 ± 2.5) 岁。

为提高实验精确度,本实验不采用仿真生物软组织;同时,为避免因针体所刺软组织差异对针体的物理运动造成影响,招募受试者1名,年龄25岁,身高170 cm,身体质量指数(body mass index, BMI)20.2,身材匀称,大腿腿围460 mm,为中国人平均水平^[20],腿部无外伤史,无神经、肌肉疾病史,无畸形,有针灸经验(防止过于紧张或晕针)。所有参与者均提前签订知情同意书。

1.2 设备和场地

运动参数由NDI视频运动捕捉系统进行采集。采样频率为100帧/s,精度为0.01 mm。利用固定在前臂(本文所指均为操作手)上的刚体块(刚体块与红色虚拟点保持相对静止)标定5个虚拟点——从桡侧到尺侧依次为第1、2、3、5腕掌关节,手臂上的虚拟点与中指在一条直线上。标记点(marker)的直径为2 mm,其位置的标定参考人体解剖学和文献^[21]。实验采用华佗牌针灸针,规格为0.25 mm × 40 mm,奥氏体不锈钢(苏州医疗用品厂有限公司)。标记点的标定与针刺部位如图1所示。



(a) 标记点标定位置

(b) 针刺部位

图1 标定点标记与针刺部位意图

Fig. 1 Position of the markers and acupuncture (a) Position of the markers, (b) Position of acupuncture

1.3 测试方法

标定大腿正前方,膝盖髌骨上端18 cm处。操

作者洗手、消毒,保持环境温度为24℃,无风。操作者操作手先放在预备位置,标定坐标。为减小个体随意性,操作者需根据实验控制人员的口令按照比较标准的操作流程进行操作。施行提插、捻转手法前,先统一将针刺深度调整为15 mm,方向垂直于皮肤表面。图2所示为针刺操作手法分解图。

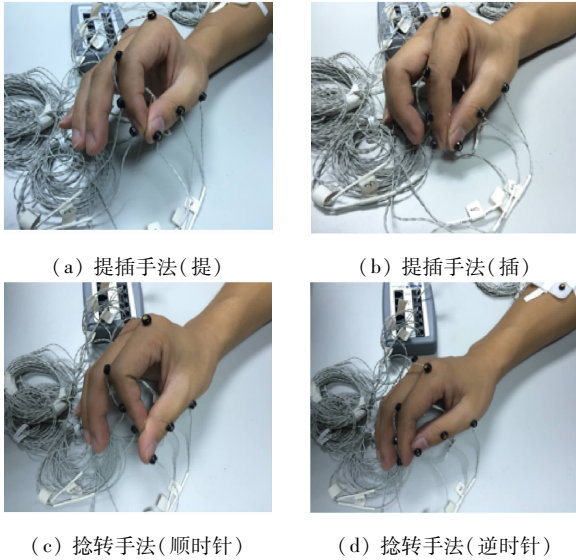


图2 针灸提插手法示意图

Fig.2 Schematic of manipulations of acupuncture needle thrusting-pulling and twirling (a) Thrusting and pulling (pulling), (b) Thrusting and pulling (thrusting), (c) Twirling (clockwise), (d) Twirling (anticlockwise)

2 数据统计与处理

每位操作者分别操作初始位置、提插和捻转3种动作,每种动作操作10次,每次操作6次往复,初始位置保持静止。用MATLAB软件求出各相关关节的角度变化曲线。对角度变化曲线进行带通滤波,根据每名操作者6次往复操作的时间计算平均周期,然后进行正弦曲线拟合,得到各关节角度的平均变化曲线。关节角度定义为标记点初始坐标构成的向量与操作过程中动态坐标构成的向量之间的夹角。由于前臂旋前时,初始向量 A^0B^0 平行于 yOz 面,而旋转后的向量 AB 与 yOz 面不平行,故将前臂旋前角度定义为 AB 在 yOz 面的投影 $A'B'$ 与 Oz 轴之间的夹角 θ (见图3)。

采用EXCEL计算每名针灸师每次操作,相关关节角度变化幅度的平均值;采用SPSS 21.0进行单因素方差分析,两两比较6名针灸师10次操作提

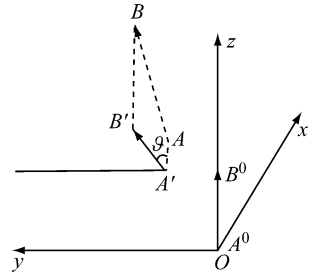


图3 前臂旋前角度的计算

Fig.3 Calculation of forearm pronation

插、捻转两种手法时各关节角度变化幅度的平均值,分别比较每名针灸师操作10次的离散程度, $P < 0.05$ 表示变化幅度的差异有统计学意义。

3 结果分析

提插和捻转两种针灸操作手法均由前臂旋前、腕关节背屈及拇指和食指的对指配合完成。通过分析前臂旋前、腕关节背屈及拇指和食指对指运动的关节角度,对操作提插和捻转两种针灸手法时上述关节角度的动态变化进行量化。

图4所示为针刺操作手法预备姿势(持针初始位置)各相关关节的角度。预备姿势由前臂旋前、腕关节背屈和拇指与食指对指运动完成。其中,食掌指关节屈曲角度最大($71.01^\circ \pm 3.75^\circ$);拇指指间关节屈曲角度较小($5.09^\circ \pm 1.44^\circ$),表明拇指基本处于伸直状态;食指第2指间关节屈曲角度最小,可以忽略不计;针刺预备姿势下的对指运动主要依靠拇指和食指掌指关节屈曲完成,指间关节只做配合性运动,与“OK姿势”的对指运动不同。

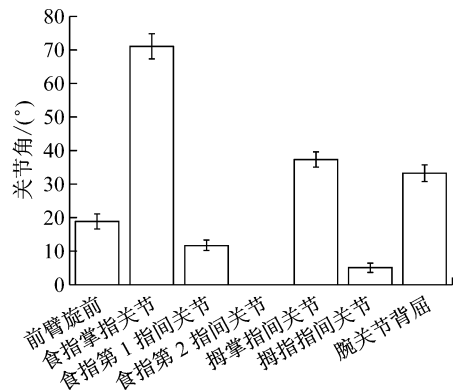


图4 预备姿势下各关节的角度

Fig.4 Angles of relevant joints in the preparing posture

3.1 提插手法

图5所示为提插手法操作过程中(先插后提),采用正弦拟合的各相关关节角度变化的平均曲线。根据原始数据中6名针灸师分别进行10次操作、每次操作进行6次往复的时间,计算出本实验提插手法的平均频率约为120次/min,一个提插手法的平均周期约为0.5s。

由图5可以看出,提插手法操作过程中(先插后提),腕关节背屈角度幅度最大,从55°减小到48°,平均变化速率为 $-28^{\circ}/s$;其次是前臂旋前,从16°增加到22°,平均变化速率为 $24^{\circ}/s$;其余各关节均做小幅度的配合性运动;拇指指间关节为负角度,表示拇指向指背屈曲,但是屈曲角度很小。提插手法主要由腕关节背屈和前臂旋转完成,前臂上下运动幅度、拇指和食指角度变化幅度微小,仅做配合性运动。提插手法操作时手指屈曲角度变化幅度太大,可能是造成针向侧方偏移、引起弯针和断针等事故的原因。表1所示为6名针灸师施行提插手法时,腕关节背屈角度的变化幅度平均值。经过统计

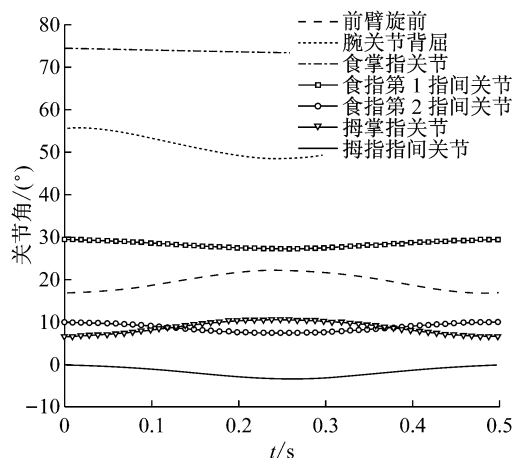


图5 提插手法各关节角度变化平均曲线

Fig.5 Curves of average relevant angles during thrusting and pulling

学检验,施行提插手法,6名针灸师两两之间腕关节背屈角度变化幅度无明显差异($P>0.05$);6名针灸师各自操作10次,腕关节背屈角度变化幅度无明显差异,表明6名针灸师操作提插手法,操作手关键关节的运动学表现具有良好的稳定性和一致性。

表1 6名针灸师操作提插手法时腕关节背屈角度变化幅度的平均值

Tab.1 Average dorsiflexion of the wrist joint in six acupuncturists during thrusting and pulling manipulation

次数	背屈角度/(°)					
	操作者1	操作者2	操作者3	操作者4	操作者5	操作者6
第1次	6.52 ± 1.52	6.23 ± 1.53	6.14 ± 1.85	6.97 ± 2.21	5.95 ± 1.21	6.74 ± 1.50
第2次	18.52 ± 2.38*	6.32 ± 1.68	7.19 ± 1.56	6.64 ± 1.56	6.31 ± 1.32	7.69 ± 2.03
第3次	6.79 ± 1.98	7.25 ± 1.88	5.44 ± 2.01	7.21 ± 1.42	7.22 ± 2.03	7.93 ± 2.01
第4次	6.25 ± 1.32	6.73 ± 2.15	6.20 ± 1.58	7.67 ± 1.56	7.93 ± 2.40	9.29 ± 2.90
第5次	6.38 ± 1.51	6.24 ± 0.98	6.38 ± 1.31	7.61 ± 1.88	7.65 ± 1.80	8.06 ± 2.00
第6次	7.49 ± 1.60	6.46 ± 1.34	6.90 ± 1.58	7.26 ± 2.31	8.62 ± 2.40	8.37 ± 2.01
第7次	6.79 ± 1.42	20.31 ± 2.58*	7.34 ± 2.35	6.95 ± 1.86	8.18 ± 2.01	30.11 ± 2.56*
第8次	6.63 ± 0.72	7.05 ± 2.35	1.23 ± 0.38*	8.31 ± 2.35	8.78 ± 2.52	8.62 ± 2.10
第9次	7.57 ± 0.56	7.56 ± 2.56	6.88 ± 1.42	6.87 ± 1.98	7.04 ± 1.52	8.18 ± 1.99
第10次	8.39 ± 1.68	8.9 ± 1.56	8.68 ± 1.58	7.01 ± 1.90	2.12 ± 0.79*	6.13 ± 1.68

注: *数据差异过大,考虑排除

3.2 捻转手法

图6所示为捻转手法操作过程中(先顺时针后逆时针),采用正弦拟合的各关节角度变化的平均曲线。根据原始数据中6名针灸师分别进行10次

操作、每次操作进行6次往复的时间,计算出捻转手法的频率约为133次/min,一个提插手法的周期约为0.45s。

由图6可见,捻转手法操作过程中(先顺时针

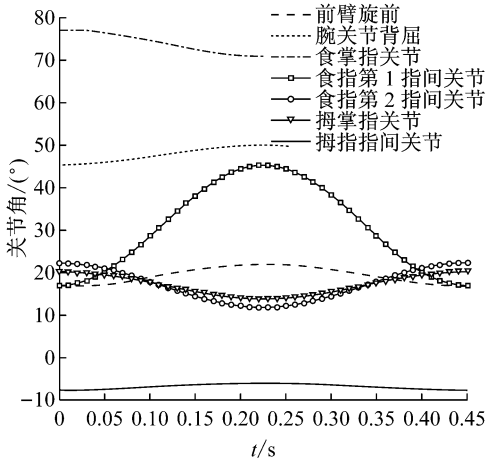


图6 捻转手法各关节角度变化平均曲线
Fig.6 Curves of average relevant angles during twirling manipulation

后逆时针),食指第1指间关节屈曲角度幅度最大,从17°增大到45°,平均变化速率为124.44°/s;其次

为食指第2指间关节,从22°减小到11°,平均变化速率为-48.89°/s;再次为拇掌指关节,从43°减小到37°,平均变化速率为-26.67°/s;其余各关节均做小幅度配合性运动;拇指指间关节为负角度,表示拇指指向背屈曲。捻转手法主要由食指指间关节和拇掌指关节对指运动完成,前臂和腕关节运动幅度微小,几乎可以忽略不计。由图5、6可以看出,提插手法时,腕关节和前臂旋前角度的变化幅度明显大于捻转手法;捻转手法时,拇指和食指各关节角度变化幅度明显大于提插手法。不同针灸操作手法对应的关节的位置、角度变化表现出明显的特异性。在进行提插、捻转手法针刺效应对比研究时,应注意避免操作捻转手法时手体上下移动造成“提插、捻转混合运动”。

表2所示为施行捻转手法时,6名针灸师两两之间食指第1、2指间关节角度变化幅度的平均值。

表2 6名针灸师操作捻转手法时食指第1、2指间关节角度变化幅度的平均值

Tab.2 Average flexion angles of interphalangeal joints of the index finger in six acupuncturists during twirling manipulation

次数	关节	角度/(°)					
		操作者1	操作者2	操作者3	操作者4	操作者5	操作者6
第1次	第1关节	5.23 ± 1.37 *	26.72 ± 2.32	27.25 ± 1.35	26.27 ± 1.02	25.01 ± 0.87	27.72 ± 1.01
	第2关节	9.80 ± 1.02	9.73 ± 1.14	10.25 ± 0.968	9.96 ± 0.35	10.37 ± 0.90	9.43 ± 0.85
第2次	第1关节	24.35 ± 1.12	24.84 ± 1.21	26.95 ± 1.20	25.65 ± 0.65	24.83 ± 0.70	26.93 ± 0.99
	第2关节	8.17 ± 0.58	9.81 ± 1.21	10.99 ± 0.90	9.59 ± 1.00	10.48 ± 1.00	9.35 ± 1.00
第3次	第1关节	29.06 ± 2.28	28.27 ± 2.00	27.88 ± 1.51	28.73 ± 1.54	28.29 ± 1.00	27.06 ± 1.20
	第2关节	9.02 ± 1.56	8.72 ± 0.75	10.03 ± 0.87	11.97 ± 1.49	13.20 ± 2.20	12.73 ± 1.66
第4次	第1关节	26.5 ± 0.98	32.73 ± 3.28	25.83 ± 0.95	33.93 ± 3.50	27.05 ± 1.00	29.03 ± 1.54
	第2关节	7.12 ± 0.48	7.77 ± 1.00	8.33 ± 0.66	12.55 ± 2.00	14.32 ± 3.50	8.35 ± 0.40
第5次	第1关节	26.54 ± 1.00	28.41 ± 2.00	27.74 ± 1.46	32.72 ± 1.30	31.13 ± 2.60	31.04 ± 2.48
	第2关节	10.32 ± 2.21	8.90 ± 0.97	11.50 ± 1.52	12.58 ± 1.44	9.98 ± 1.00	12.55 ± 1.62
第6次	第1关节	26.52 ± 1.15	28.67 ± 1.90	28.02 ± 1.33	29.32 ± 1.02	28.57 ± 2.01	29.00 ± 1.53
	第2关节	7.48 ± 0.48	9.91 ± 1.20	9.22 ± 1.44	9.55 ± 1.00	12.50 ± 2.41	11.80 ± 1.15
第7次	第1关节	29.69 ± 2.24	27.87 ± 1.30	29.00 ± 1.60	8.22 ± 1.12 *	30.00 ± 2.80	28.56 ± 2.00
	第2关节	9.88 ± 1.25	11.22 ± 1.80	11.55 ± 1.77	8.98 ± 0.70	13.38 ± 2.71	10.08 ± 1.33
第8次	第1关节	31.02 ± 3.14	29.56 ± 2.20	26.44 ± 0.68	29.41 ± 1.07	29.00 ± 1.02	30.26 ± 2.00
	第2关节	11.56 ± 2.02	10.18 ± 1.15	12.00 ± 1.80	9.56 ± 0.82	11.80 ± 1.00	11.22 ± 1.44
第9次	第1关节	28.35 ± 2.14	27.89 ± 1.20	29.32 ± 1.77	28.90 ± 1.18	25.87 ± 0.90	30.10 ± 1.25
	第2关节	11.77 ± 2.23	11.31 ± 1.15	13.44 ± 2.20	10.50 ± 1.14	10.90 ± 1.01	10.50 ± 1.40
第10次	第1关节	29.56 ± 2.58	31.25 ± 2.20	32.14 ± 3.12	31.55 ± 2.33	27.77 ± 0.99	27.14 ± 0.90
	第2关节	10.00 ± 1.18	12.05 ± 1.50	8.98 ± 0.79	11.00 ± 1.42	8.48 ± 0.66	13.87 ± 2.35

注: * 数据差异过大,考虑排除

经统计学检验,6名针灸师操作捻转手法时,食指第1、2指间关节角度的变化幅度无明显差异($P > 0.05$);6名针灸师各自操作10次,食指第1、2指间关节角度的变化幅度也无明显差异($P > 0.05$),表明6名针灸师操作捻转手法时,操作手的关键关节运动学表现具有良好的稳定性和一致性。

4 结论

(1) 运用VMC测量6名针灸师施行提插、捻转手法时,相关关节角度的变化幅度无明显差异,体现出良好的稳定性和一致性。

(2) 特异性的针灸操作手法表现出特异性的人体关节位置和角度的变化。提插手法主要表现为腕关节背屈和前臂旋前,其余各关节做配合性运动;捻转手法主要表现为食指指间关节和拇掌指间关节对指运动,其余各关节做配合性运动。因此,特异性的人体关节位置和角度的变化可以作为量化针灸操作手法的依据。

(3) VMC和运动生物力学可以用于量化针灸操作手法的人体运动学参数,为针灸量化提供依据。

参考文献:

[1] Cherkin DC, Sherman KJ, Deyo RA, et al. A review of the evidence for the effectiveness, safety, and cost of acupuncture, massage therapy, and spinal manipulation for back pain [J]. *Ann Intern Med*, 2003, 138(11): 898-906.

[2] 石学敏,张春红. 新世纪针灸学科面临的挑战和对策[J]. *天津中医药大学学报*, 2008, 27(3): 121-126.

[3] 庞军,王开龙,雷龙鸣,等. 论针刺疗效的影响因素[J]. *亚太传统医药*, 2008, 4(11): 26-29.

[4] 卞金玲,张春红. 石学敏院士针刺手法量学的概念及核心[J]. *中国针灸*, 2003, 23(5): 287-289.

[5] 石学敏,张存生,刘白雪. 捻转补泻手法的应用及量学概念[J]. *中国医药学报*, 1987, 4(5): 16.

[6] Davis RT, Churchill DL, Badger GJ, et al. A new method for quantifying the needling component of acupuncture treatments [J]. *Acupunct Med*, 2012, 30(2): 113-119.

[7] 刘堂义,杨华元,顾训杰,等. ATP-I型针刺手法参数测定仪的研制[J]. *中国针灸*, 2003, 23(11): 39-41.

[8] 刘堂义,杨华元,蒯乐,等. “针刺手法信息分析系统”在针刺手法教学中的应用[J]. *中国针灸*, 2009, 29(11): 927-930.

[9] 杨华元,刘堂义,蒯乐,等. 针刺手法参数实时采集及教学演示系统的研究[J]. *中西医结合学报*, 2006, 4(3): 311-314.

[10] 李靖, Grierson L, Mary XW, 等. 捻转针刺手法的运动学及动力学特征研究[J]. *针刺研究*, 2013, 38(5): 415-419.

[11] 严振国,白娟,邵水金,等. 危险穴位针刺深度与角度的研究[J]. *中国针灸*, 2004, 24(11): 31-34.

[12] 邵水金,张建华,董艳. 危险穴位针刺安全深度的研究-严振国教授的学术成果介绍[J]. *上海中医药大学学报*, 2007, 21(2): 9-11.

[13] Langevin HM, Konofagou EE, Badger GJ, et al. Tissue displacements during acupuncture using ultrasound elastography techniques [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2004, 30(9): 1173-1183.

[14] Bisi MC, Stagni R, Caroselli A, et al. Anatomical calibration for wearable motion capture systems: Video calibrated anatomical system technique [J]. *Med Eng Phys*, 2015, 37(8): 813-819.

[15] 傅维杰,魏勇,刘宇. 穿不同鞋与裸足对羽毛球蹬地动作下肢及跖趾关节运动协调特征的影响[J]. *医用生物力学*, 2015, 30(2): 159-166.

Fu WJ, Wei Y, Liu Y. Effects of footwear and barefoot on movement coordination of lower extremities and metatarsophalangeal joints during push-off in badminton footwork [J]. *J Med Biomech*, 2015, 30(2): 159-166.

[16] 闫松华,周兴龙,党德华,等. 小学阶段超重/肥胖儿童平地行走的运动学研究[J]. *医用生物力学*, 2014, 29(6): 548-553.

Yan SH, Zhou XL, Dang DH, et al. Kinematic analysis on gait of overweight and obese primary school children during level walking [J]. *J Med Biomech*, 2014, 29(6): 548-553.

[17] White LW, Kowalewski TM, Lendvay TS, et al. Motion and video capture for tracking and evaluating robotic surgery and associated systems and methods [P]. USA: 2015-5-5.

[18] Jahn J, Janes WE, Saheb-AL-Zamani M, et al. Identification of three movement phases of the hand during lateral and pulp pinches using video motion capture [J]. *Hand*, 2013, 8(2): 123-131.

[19] Gritsenko V, Dailey E, Kyle N, et al. Feasibility of using low-cost motion capture for automated screening of shoulder motion limitation after breast cancer surgery [J]. *PLoS One*, 2015, 10(6): e0128809.

[20] 中国解剖学会体质调查委员会. 中国人解剖学数值[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 43-44.

[21] 杨茂有,邵水金. 正常人体解剖学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2012: 8.