

• 实验研究 •

颈椎旋提手法教学机器人用于旋提手法 规范化培训的自身对照研究

霍路遥¹ 符碧峰¹ 冯天笑¹ 卜寒梅¹ 苏瑾¹ 吴思¹ 李远栋¹ 王平^{1△} 冯敏山² 杨光¹

[摘要] **目的:**评价旋提手法教学机器人在颈椎旋提手法操作规范化培训中的效果。**方法:**选取已熟练掌握颈椎治疗手法且临床工作 5 a 以上的 20 名骨伤科医师,通过旋提手法教学机器人采集每位医师在体质量指数(BMI)设定为正常状态下的手法操作的关键力学参数(预牵引力、提扳力、最大作用力、提扳时间、旋转幅度、俯仰幅度)。然后通过旋提手法教学机器人对 20 名医师进行 2 周手法规范化培训,培训后再次使用该系统进行考核并采集数据。比较培训前和培训后总合格率、合格次数、变异系数(CV)等数据指标。**结果:**培训前总合格率为 25%,合格次数为 1.30(1,1.75);培训后总合格率为 90%,合格次数为 2.50(2,3), P 值均 <0.05 ,差异有统计学意义($\chi^2=17.289, Z=-3.510$)。培训前预牵引力、提扳力、最大作用力合格率分别为 73.30%、36.70%、26.70%,培训后分别为 95.00%、91.70%、90.00%, P 值均 <0.05 ,差异有统计学意义;培训前后的提扳时间、旋转幅度、俯仰幅度合格率经检验 P 值分别为 0.079、0.591、0.094,差异无统计学意义。培训前预牵引力(15.41 ± 5.42)N、提扳力(9.75 ± 4.77)N、最大作用力(19.15 ± 6.72)N 的变异系数分别为 0.352、0.489、0.351,培训后预牵引力(16.46 ± 1.44)N、提扳力(9.98 ± 1.99)N、最大作用力(26.70 ± 3.72)N 的变异系数分别为 0.087、0.199、0.139,培训后受力作用参数更加稳定。**结论:**旋提手法教学机器人用于颈椎旋提手法规范化培训的效果良好,经过培训可达到手法操作的标准统一化。

[关键词] 颈椎旋提手法;教学机器人;规范化培训;自身对照

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2021)05-0006-06

A Self-Controlled Study of Cervical Rotatory Lifting Manipulation Teaching Robot for Standardized Training of Rotatory Lifting Manipulation

HUO Luyao¹ FU Bifeng¹ FENG Tianxiao¹ BU Hanmei¹ SU Jin¹
WU Si¹ LI Yuandong¹ WANG Ping^{1△} FENG Minshan² YANG Guang¹

¹ First Teaching Hospital of Tianjin University of Chinese Medicine, National Clinical Research Center for Chinese Medicine Acupuncture and Moxibustion, Regional Orthopedics and Traumatology Diagnosis and Treatment Center of National Administration of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300192, China;

² Wangjing Hospital of China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 101002, China.

Abstract Objective: To evaluate the efficacy of rotator manipulation teaching robot in the standardized training of cervical vertebra rotator manipulation. **Methods:** 20 orthopedic surgeons who have mastered cervical vertebra treatment techniques and worked clinically for more than 5 years were selected. The key mechanical parameters (pre-traction force, pull-up

force, maximum acting force, pull-up time, rotation amplitude, pitch amplitude) of each doctor's manual operation under the normal state set by body mass index (BMI) were collected by the rotary pull-up manual teaching robot. Then, 20 doctors were given a 2-week standardized training of manipulation by the rotary manipulation teaching robot. After the training, the system was used again for assessment and data collection. The total pass rate, pass times, coefficient of variation (CV) and other data before and after training were

基金项目:国家中医药管理局中医药循证能力建设项目
(2019XZZX-GK006)

天津市教委科研计划项目(2019KJ064)

¹ 天津中医药大学第一附属医院,国家中医针灸临床医学研究中心,国家中医药管理局区域中医骨伤科诊疗中心(天津,300192)

² 中国中医科学院望京医院

△通信作者 E-mail:452424671@qq.com

compared. **Results:** The total pass rate was 25%, and the pass times were 1.30 (1, 1.75) before training. After training, the total pass rate was 90%, the pass times were 2.50 (2, 3) ($P < 0.05$), and the difference was statistically significant ($\chi^2 = 17.289$, $Z = -3.510$). The qualification rates of pre-traction, pulling force and maximum force before training were 73.30%, 36.70% and 26.70% respectively, and those after training were 95.00%, 91.70% and 90.00% respectively ($P < 0.05$), and those differences were statistically significant. After the training, the pass rate of lift and pull time, rotation amplitude and pitch amplitude were 0.079, 0.591 and 0.094 respectively, with no statistical significance. The CV of pre-traction (15.41 ± 5.42) N, pulling force (9.75 ± 4.77) N and maximum force (19.15 ± 6.72) N before training were 0.352, 0.489 and 0.351 respectively, and the CV of pre-traction (16.46 ± 1.44) N, pulling force (9.98 ± 1.99) N and maximum force (26.70 ± 3.72) N after training were 0.087, 0.199 and 0.139 respectively. The mechanical parameters were more stable after training. **Conclusion:** The robot can be used in the standardized training of cervical vertebra rotation technique, and the training can reach the unified standard of manipulation after training.

Keywords: cervical rotatory lifting manipulation; teaching robot; standardized training; self-controlled study

目前神经根型颈椎病(CSR)以保守治疗为主,中医手法治疗是有效的治疗手段^[1-3]。颈椎旋提手法由朱立国教授创立,经临床研究证实确有疗效^[4-5],但手法技术的传承训练难以规范统一。众多研究者从运动学角度分析手法操作特征,基于此方面前期研究,并以王平教授负责的“国家中医药管理局中医药循证能力建设项目”为契机,对旋提手法教学机器人在颈椎旋提手法规范化培训中的效果进行分析,以期对旋提手法的规范化提供参考,为后续多中心临床研究打下基础。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取天津中医药大学第一附属医院以及天津、甘肃、山东、内蒙古、陕西、江苏、广东、吉林等地各协作单位中已熟练掌握颈椎治疗手法且临床工作 5 a 以上的 20 名骨伤科医师作为培训对象,进行自身前后对照研究,20 名医师均未接受过颈椎旋提手法教学机器人进行培训;以颈椎旋提手法教学机器人(见图 1)为固定的培训设备。

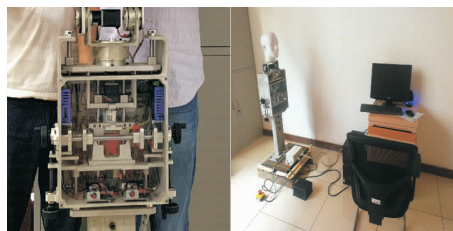


图 1 颈椎旋提手法教学机器人装置

1.2 方法

选取已熟练掌握颈椎治疗手法且临床工作 5 a 以上的 20 名骨伤科医师,先通过旋提手法教学机器人采集每位医师在体质量指数(BMI)设定为正常状态下的手法操作关键力学参数(预牵引力、提巧力、最大作用力、提扳时间、旋转幅度、俯仰幅度)。然后通过旋提手法教学机器人对 20 名医师进行 2 周手法规范化培训,培训后再次使用该系统进行考核并采集数据。比较培训前和培训后总合格率、合格次数、标准差(S)、变异

系数(CV)等数据指标,以客观评价颈椎旋提手法教学机器人在手法操作规范化培训方面的作用效果。

1.2.1 培训内容 以颈椎旋提手法规范化操作步骤(国家中医药管理局百项中医临床实用技术推广项目)为操作规范。

1)病人端坐位,颈部自然放松,医者采用按法、揉法、滚法等手法放松颈部软组织 5~10 min。

2)让患者的头部水平旋转至极限角度,最大屈曲,然后再旋转达到有固定感。

3)医生以肘部托患者下颌,轻轻向上牵引 3~5 s。

4)嘱其放松肌肉,肘部用短力快速向上提拉,操作成功可以听到一声或多声弹响。

5)应用提、拿等手法再次将颈肩部肌肉放松 1~2 min。

1.2.2 培训方法 对 20 名医师通过视频演示及 PPT 教学,讲解颈椎旋提手法的操作要点,然后并在旋提手法教学机器人装置上进行训练。每位医师每天训练 5 次,每周训练 5 d,共训练 2 周。

1.2.3 操作过程 每位医师均在正常体质量指数状态下,依照操作规范各进行 3 次操作(见图 2),对每次操作的 6 项核心指标(预牵引力、提扳力、最大作用力、提扳时间、旋转幅度、俯仰幅度)和考核成绩进行记录,记为培训前考核结果(见图 3)。随后对 20 名医师进行颈椎旋提手法操作规范化培训,同前方法进行考核,并记录相关数据。



图 2 培训人员操作

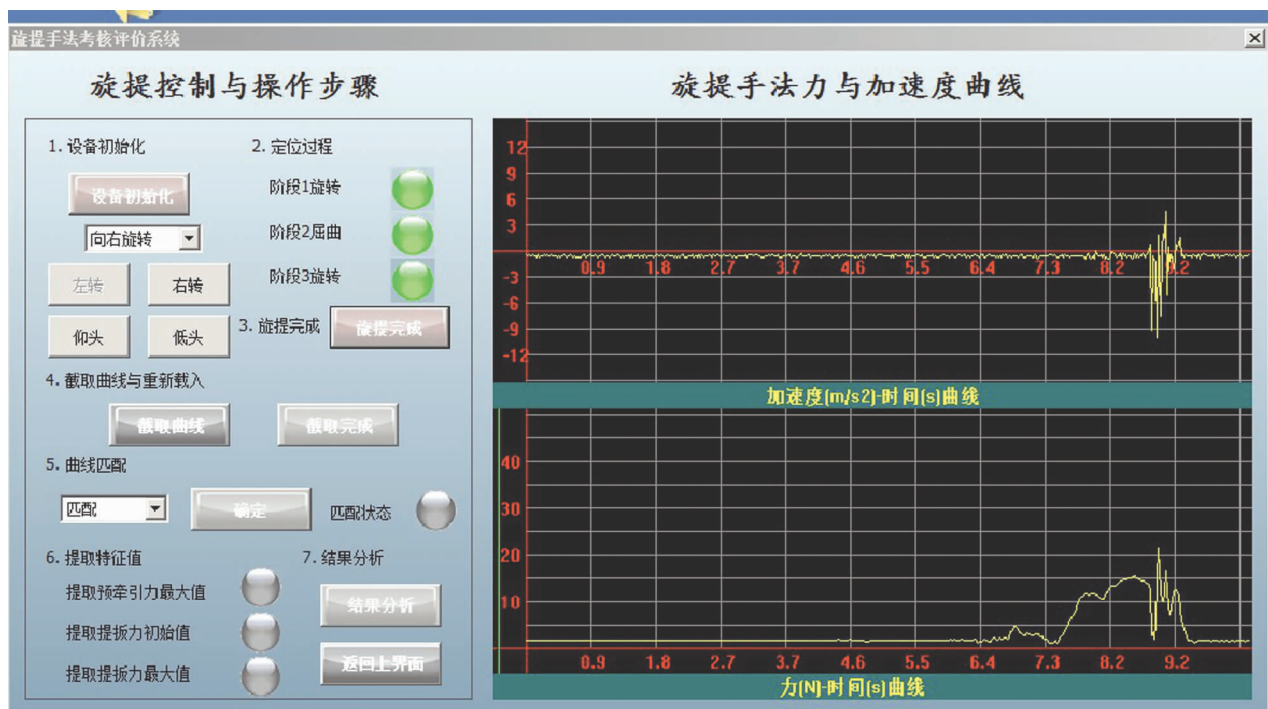


图3 操作中力与时间曲线

1.2.4 手法合格判定 培训前与培训后合格判定方法一致。将相应的力学指标在考核系统中进行了设置,参考指标如下^[5]。

1) 体质量指数 19~23(正常人群)的参考值范围:预加载力为(142.10±47.75)N,最大作用力为(227.95±61.45)N,扳动力为(116.91±37.53)N。

2) 体质量指数 23~25(超重人群)的参考值范围:预加载力为(170.62±31.16)N,最大作用力为(262.40±40.18)N,扳动力为(131.03±25.77)N。

3) 体质量指数>25(肥胖人群)的参考值范围:预加载力为(200.51±39.40)N,最大作用力为(341.53±54.68)N,扳动力为(155.13±34.30)N。

4) 扳动时间控制在 200 ms 以内。

5) 扳动前后受试者的颈部旋转角度差值<4°。

由考核系统对每次操作的力学指数进行分析,绿灯亮表示合格,红灯亮表示不合格。

每 3 次操作中,至少 2 次合格,则判定本次考核合格(见图 4)。

考核指标	合格	不合格	对应值	标准值	合格范围
阶段1旋转角	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	70	60--75
阶段2屈曲角	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	30	25--35
阶段3旋转角	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	10	5--15
预牵引力	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	12.900	15.31	10.69--19.93
提拔力	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	11.810	11.72	7.86--15.58
最大作用力	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	21.590	25.38	19.98--30.78
提拔时间	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	100	115	0--200
旋转幅度	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	4.1	3	0--4
俯仰幅度	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.6	3	0--4
<div>结果输出</div> <div>打印报表</div> <div>退出</div>					

图4 数据输出界面

1.3 观察指标

每次考核过程中的预牵引力、提扳力、最大作用力、提扳时间旋转幅度、俯仰幅度的测量值、合格率、标准差和变异系数。

1.4 统计学方法

使用 SPSS23.0 软件进行统计分析。计数资料采用频数(%)进行描述,通过 χ^2 检验进行比较;符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 进行描述,通过配对样本 t 检验进行比较。不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示,干预前后数据的比较采用两相关样本非参数检验。 $P<0.05$ 差异有统计学意义。通过变异系数来比较数据的同质性,变异系数越大,表示组内同质性越低^[6-7],各医师手法操作的力学参数差异越大,反之表示差异越小。

2 结果

2.1 培训前后总合格率的比较

培训前总合格率为 25%,培训后总合格率为 90%。经 χ^2 检验, $\chi^2=17.289,P<0.05$,提示培训前后总合格率的差异有统计学意义,培训后总合格率明显高于培训前(见表 1)。

表 1 培训前后总合格率比较

时间	合格次数	Z	P
培训前	1.30(1,1.75)	-3.510	<0.001
培训后	2.50(2,3)		

2.2 培训前后合格次数比较

表 3 培训前后关键力学指标合格率(次)

时间		预牵引力		提扳力		最大作用力	
培训前	合格	44(73.3%)		合格	22(36.7%)	合格	16(26.7%)
	不合格	16		不合格	38	不合格	44
培训后	合格	57(95.0%)		合格	55(91.7%)	合格	54(90.0%)
	不合格	3		不合格	5	不合格	6
χ^2		10.568		39.468		49.509	
P		0.001		<0.001		<0.001	
时间		提扳时间		旋转幅度		俯仰幅度	
培训前	合格	57(95.0%)		合格	51(85.0%)	合格	57(95.0%)
	不合格	3		不合格	9	不合格	3
培训后	合格	60(100.0%)		合格	53(88.3%)	合格	60(100.0%)
	不合格	0		不合格	7	不合格	0
χ^2		3.077		0.228		2.807	
P		0.079		0.591		0.094	

用力为(26.7±3.72)N,CV 分别为 0.087、0.199、0.139,可见培训前各项参数的标准差和变异系数明显大于培

经 W 检验,培训前和培训后 $P<0.05$,不符合正态分布,故采用两相关样本非参数检验。培训前合格次数为 1.30(1,1.75),培训后合格次数为 2.50(2,3),经检验 $Z=-3.510,P<0.05$,提示培训前后合格次数的差异有统计学意义,培训后合格次数高于培训前(见表 2)。

表 2 培训前后合格次数

时间	合格	不合格	合格率/%	χ^2	P
培训前	5	15	25	17.289	<0.001
培训后	18	2	90		

2.3 培训前后关键力学指标合格率比较

培训前预牵引力合格率为 73.3%,提扳力合格率为 36.7%,最大作用力合格率为 26.7%;培训后预牵引力合格率为 95.0%,提扳力合格率为 91.7%,最大作用力合格率为 90.0%。经 χ^2 检验,培训前后比较的 χ^2 分别为 10.568、39.468、49.509, P 均 <0.05 ,提示培训前后各项力学指标合格率的差异有统计学意义,培训后各项力学指标合格率明显高于培训前。经 χ^2 检验,培训前后的提扳时间、旋转幅度和俯仰幅度差异无统计学意义(见表 3)。

2.4 培训前后关键力学参数的统计学描述

培训前预牵引力为(15.41±5.42)N,提扳力为(9.75±4.77)N,最大作用力为(19.15±6.72)N,CV 分别为 0.325、0.489、0.351;培训后预牵引力为(16.46±1.44)N,提扳力为(9.98±1.99)N,最大作

训后(见表 4)。说明培训后的各项力学参数更加稳定,每位医师的操作较培训前更加规范统一(见图 5)。

表 4 培训前后关键力学参数($\bar{x}\pm s$)

时间	预牵引力/N	提扳力/N	最大作用力/N
培训前	15.41±5.42	9.75±4.77	19.15±6.72
培训后	16.46±1.44	9.98±1.99	26.7±3.72

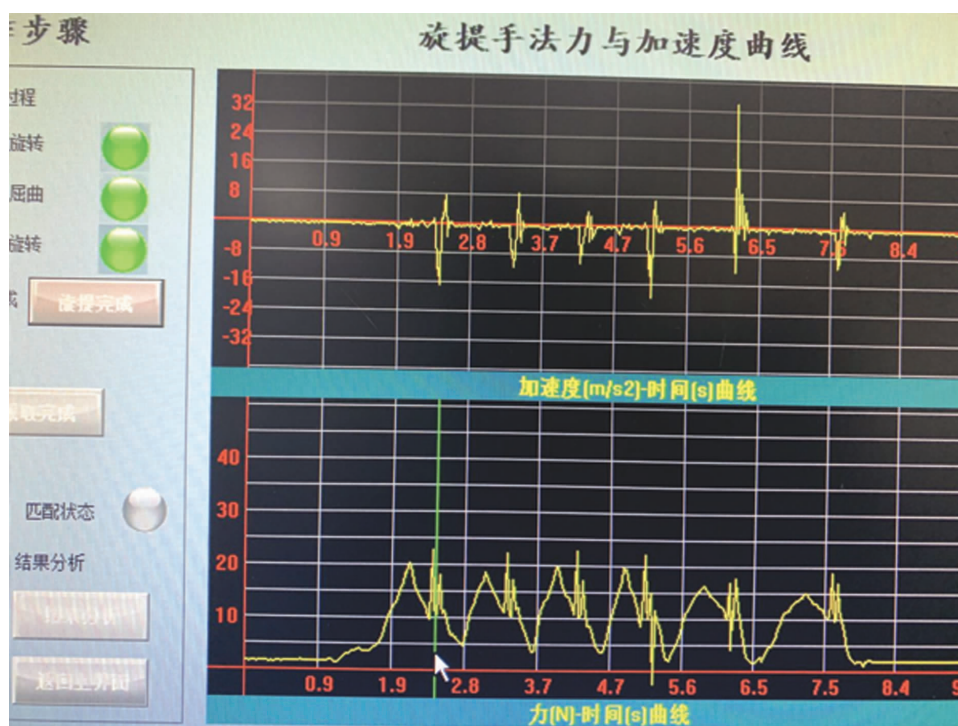


图5 培训后多次操作力学曲线

3 讨论

科学技术的发展和学科之间的融合为手法医学研究带来了方法学的重要突破,国内外研究者对手法操作的力学指标进行量化和数学模型重建^[8-11],分析得到力学曲线,总结出操作成功的要素,对于制定规范统一的考核标准和教学模式有重要意义。有研究者将教学模拟器、虚拟现实(VR)技术等应用于临床教学及考核^[12-14],通过更加客观、可量化的手段将抽象的知识结构展示出来,进行针对性的训练。中国中医科学院望京医院的众多学者通过物理学、运动学方法对手法操作进行量化研究,总结出了操作过程中的关键力学参数和运动轨迹,概括了旋提手法的力学特征,前期研究结果表明左右手操作无差异,作用力的大小与患者体质质量指数的变化相关,并得出不同体质质量指数下的各项作用力大小的范围^[15]。本研究使用的教学机器人是中国中医科学院朱立国教授等联合研发的模拟器,主要由头部模型、颈部模拟装置、脊柱模拟装置和控制系统组成,机械设计从外形、颈部功能、颈部在旋提手法操作过程中的力学变化等方面入手,选择运动和连接方式、确定机械的自由度、确定连杆参数和关节变量;根据临床手法力学及运动力学数据,设计3种机械状态以模拟3种不同体型(正常、超重、肥胖)在旋提手法过程中的力学变化,尽可能模仿人体头颈部在旋提手法过程中的受力特性;控制系统包括力学信号的实时检测系统、力学参数评价分析系统和人机调控系统^[16-17]。在旋提手法量化研究的基础上,对旋提手法教学机器人进行研发和临床应用研究,结果表明该方

法用于手法培训稳定可靠,明显优于传统方法^[18-19]。

中医骨伤科手法历史悠久^[20],但正骨手法有操作的风险性,在学习传承上多采用“口口相传,手手相授”的传统方式,强调“手摸心会”,操作时力的大小、方向、速度需要在缓慢的学习过程中领悟和摸索;再加上颈椎旋转类手法存在一定的风险,初学者实际操作的机会少,使得学习效果难以得到客观、规范、统一的检验,行之有效的手法技术难以实现推广应用;由于学习、训练的方法不同,临证之时也难以做到规范统一。本研究表明:培训前20名医师预牵引力、提扳力、最大作用力的标准差(5.42、4.77、6.72)和变异系数(0.352、0.489、0.351)较大,组内同质性低,说明每位医师操作时的发力存在着较大的差异。一方面,由于培训前每名观察对象已经有多年临床操作经验,且以旋扳手法为主,形成了肌肉记忆,因而实施颈椎旋提手法时难以掌握动作要领;另一方面,所选观察对象来自全国各地,所受的手法技术培训及训练方法各不相同,无统一规范的教学和考核方法,这是培训前力学参数同质性较低的重要原因,反映出对旋提手法操作进行规范化培训的必要性。

在合格率和合格次数方面,本研究表明:培训前20名医师的考核总合格率为25.0%,合格次数为1.30(1,1.75),明显低于培训后的总合格率(90.0%)和合格次数(2.50(2,3));培训前预牵引力、提扳力、最大作用力的合格率分别为73.3%、36.7%、26.7%,明显低于培训后的95.0%、91.7%、90.0%,差异有统计学意义($P < 0.05$),培训效果良好。培训前后的提扳

时间、旋转幅度、俯仰幅度的合格率均较高,差异无统计学意义($P>0.05$),说明旋提手法操作过程中难以掌握的部分为力量大小的控制,尤其是提扳力(合格率为 36.7%)和最大作用力(合格率为 26.7%),培训后提扳力(合格率为 91.7%)和最大作用力(合格率为 90.0%)的合格率明显提升,变异系数($CV_{\text{提扳力}}=0.199$ 、 $CV_{\text{最大作用力}}=0.139$)明显小于培训前($CV_{\text{提扳力}}=0.489$ 、 $CV_{\text{最大作用力}}=0.351$),组内同质性提高,说明经过旋提手法教学机器人训练,各位医师对操作要点的掌握更加准确熟练,操作更加稳定,体现出旋提手法教学机器人作为训练平台的优效性,在旋提手法规范化培训过程中有着良好的培训效果。标准差和变异系数方面,培训后预牵引力、提扳力、最大作用力的标准差分别为 1.44、1.99、3.72,变异系数分别为 0.087、0.199、0.139,明显低于培训前($S=5.42$ 、 4.77 、 6.72 , $CV=0.352$ 、 0.489 、 0.351),培训后的力学指标更加稳定,各项力学数据的离散程度低。说明使用教学机器人进行培训,可以使各位医师快速掌握颈椎旋提手法的操作要领,通过大量可重复的训练,达到稳定、规范、统一的要求。

本研究以颈椎旋提手法教学机器人为培训仪器,结果显示通过本方法进行教学、训练可实现手法的统一标准化,合格率高,培训效果良好,对手法技术的传承、推广有重要的意义。同时服务于本循证能力建设课题,为后期稳定旋提手法的力学特征要素,研究颈椎旋提手法的临床应用疗效打下基础。

参考文献

- [1] 张少群,李义凯. 颈椎病研究的历史沿革[J]. 中国康复医学杂志,2016,31(11):1273-1276.
- [2] 许鸿智,林定坤,侯宇,等. 以控制机械刺激为核心的治疗体系治疗中老年神经根型颈椎病的生存质量评价[J]. 新中医,2019,51(1):244-247.
- [3] 吴烨族,林桦楠,陈海鹏,等. 神经根型颈椎病的保守治疗进展[J]. 风湿病与关节炎,2019,8(11):69-72.
- [4] 王乾,朱立国,高景华,等. 旋提手法治疗神经根型颈椎病的疗效观察[J]. 中医正骨,2009,21(6):9-11.
- [5] 朱立国,于杰,高景华,等. 旋转手法治疗神经根型颈椎病对疼痛的 VAS 评分临床研究[J]. 北京中医,2005,24(5):297-298.
- [6] 舒琴,李迪,孙扬,等. 基于变异系数计算的 DRG 本土化应用分析及建议[J]. 中国医院管理,2019,39(8):43-45.
- [7] 邓小虹. CN-DRGs 分组方案(2014 版)[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015.
- [8] NGAN J M W, CHOW D H K, HOLMES A D, et al. The kinematics and intra and inter therapist consistencies of lower cervical rotational manipulation [J]. Med Eng Phys, 2005, 27(5):395-401.
- [9] 余顺年,马履中,郭宗和. 中医推拿手法运动学与动力学特征[J]. 山东理工大学学报(自然科学版),2005,19(3):84.
- [10] 周信文,许世雄,谢志勇,等. 中医推拿手法测力分析控制 FZ-1 型的研制及滚法合力作用点轨迹分析[J]. 医用生物力学,1996,11(3):179-181.
- [11] TRIANO J J, SCHULTZ A B. Motions of the head and thorax during neck manipulation [J]. J Manipulative Physiol Ther, 1994, 17(9):573-583.
- [12] 殷苏民,陆焱焱,谭海坡,等. 心肺复苏模拟人控制系统的设计[J]. 传感器与微系统,2010,29(5):109-115.
- [13] 施楚君,陈葵,许杰州,等. 医学模拟技术在临床急救技能教学中的应用探索[J]. 中国高等医学教育,2008,(8):101-103.
- [14] SNYDER C W, VANDROMME M J, TYRA S L, et al. Effects of virtual reality simulator training method and observational learning on surgical performance[J]. World JSurg, 2011, 35(2):245-252.
- [15] 朱立国,冯敏山,魏戊,等. 个体因素对颈椎旋提手法操作影响的在体力学研究[J]. 中国中医骨伤科杂志,2011,19(9):14-17.
- [16] 付铁,张庆东,李健,等. 旋提操作教学机器人的研究与应用探索[J]. 机械设计与制造,2020(10):270-272.
- [17] 朱立国,韩涛,于杰,等. 中医骨伤科旋提手法规范化操作传承模式初探[J]. 中医杂志,2018,59(11):927-931.
- [18] 冯敏山,朱立国,王尚全,等. 颈椎旋提手法学习过程中常见操作错误分析[J]. 中国中医骨伤科杂志,2017,25(8):43-47.
- [19] 冯敏山,朱立国,王尚全,等. 颈椎旋提手法教学机器人的稳定性研究[J]. 中国骨伤,2017,30(3):241-246.
- [20] 潘建西,李泽佳,宋敏,等. 中医骨伤科学术流派的传承现状[J]. 西部中医药,2016,29(2):61-64.

(收稿日期:2020-11-10)