

专家与初学者坐位腰椎旋转手法操作的生物力学特征分析

赵文龙¹ 温聪聪² 韩昶晓³ 陈焯贤¹ 邹金桥¹ 杜戊寅¹ 冯敏山^{3,4△} 刘广伟⁴

[摘要] 目的:分析专家与初学者操作坐位腰椎旋转手法时的运动学与力学特征。方法:招募 20 例健康受试者,年龄为 18~40 岁。由 1 名有 10 年以上手法经验的专家与 10 名中医骨伤科专业在读博士生(初学者组)对 20 例受试者行坐位腰椎旋转手法操作,应用运动捕捉技术与测力手套对手法操作时的运动学与力学数据(运动学参数:旋扳过程中的最大速度,最大加速度;旋扳过程中旋转、前屈、侧屈的最大角度。力学参数:旋扳过程中拇指最大顶推力,最大掌侧力,最大力矩等)进行测量,总结坐位腰椎旋转手法的运动学与力学特征。结果:两组数据相比较,初学者手法操作时旋扳最大速度与旋扳最大加速度显著小于专家操作($P<0.05$),旋转最大角度显著大于专家操作($P<0.05$);初学者手法操作时拇指最大顶推力、旋扳最大掌侧力、最大力矩等参数均显著小于专家操作($P<0.05$)。结论:初学者坐位腰椎旋转手法操作过程中的常见问题是旋转幅度过大、发力偏小、扳动速度慢。初学者应注重该手法扳动时力、速度、幅度的控制,达到高速低幅的扳动要求。

[关键词] 坐位腰椎旋转手法;运动学;力学;运动捕捉

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2023)12-0015-04

DOI:10. 20085/j. cnki. issn1005-0205. 231203

Biomechanical Characteristics of Manipulation of Lumbar Rotation in Sitting Position for Experts and Beginners

ZHAO Wenlong¹ WEN Congcong² HAN Changxiao³ CHEN Zhuoxian¹ ZOU Jinqiao¹
DU Wuyin¹ FENG Minshan^{3,4△} LIU Guangwei⁴

¹Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China;

²Department of Orthopedic Injury, Ningdu County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Ningdu 342899, Jiangxi China;

³Department of Spine, Wangjing Hospital, Chinese Academy of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100102, China;

⁴Beijing Key Laboratory of Chinese Orthopedic Technology, Beijing 100102, China.

Abstract Objective: To analyze and compare the kinematic and mechanical characteristics of practitioners with different experience when operating the sitting lumbar spine manipulation. **Methods:** 20 healthy subjects were recruited. The age was 18–40 years old. The manipulation of sitting lumbar rotation was performed on 20 subjects by an expert with more than 10 years of manipulation experience and 10 doctoral students (beginners) majoring in orthopedics and traumatology of traditional Chinese medicine. The kinematic and mechanical data (kinematic parameters: maximum velocity and acceleration during rotation; maximum angle of rotation, forward flexion and lateral flexion during rotation. Mechanical parameters: maximum thumb thrust, maximum palmar force, maximum torque, etc.) were measured by using motion capture technology and force measuring gloves during the rotation. The kinematic and mechanical characteristics of the sitting lumbar spine

manipulation were summarized. **Results:** Compared with the two groups of data, the maximum speed and the maximum acceleration of the rotary trigger during the beginners' manipulation were significantly smaller than those of the experts ($P<0.05$), and the maximum angle of rotation was significantly larger than those of the experts ($P<0.05$); the maximum thumb thrust, the maximum palm side force and the maximum moment of the rotary trigger during the beginners' manipulation were significantly smaller than those

基金项目:中国中医科学院科技创新工程项目(CI2021A02014)

国家中医药传承创新团队项目(ZYYCXTD-C-202003)

¹ 北京中医药大学(北京,100029)

² 宁都县中医院骨伤二科

³ 中国中医科学院望京医院脊柱二科

⁴ 中医正骨技术北京市重点实验室

△通信作者 E-mail: fengminshan@hotmail. com

of the experts ($P < 0.05$). **Conclusion:** The common problems during the operation of the sitting lumbar spine manipulation for beginners are excessive rotation amplitude, small force and slow triggering speed. Beginners should pay attention to the control of force, speed and amplitude during the manipulation to achieve the requirement of high speed and low amplitude of manipulation.

Keywords: sitting lumbar spine manipulation; kinematics; mechanics; motion capture

坐位腰椎旋转手法是临床最常用的腰椎正骨手法之一^[1],此手法操作技术含量高,需反复练习并加以领悟方能掌握。而运动捕捉技术可对手法操作的运动学特征进行量化分析^[2-4],有助于揭示手法的内在生物力学机理。本研究团队前期通过该技术对各种正骨手法开展了一系列运动学研究^[5-7],研发并推广了手法教学机器人系统^[8-10]。基于此,本研究应用运动捕捉技术,量化坐位腰椎旋转手法的运动力学特征,并对比专家与初学者之间的手法运动力学差异,为手法的经验传承以及临床教学培训提供客观依据。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

2022年12月至2023年3月从社会上招募健康受试者20例,于中国中医科学院望京医院中医正骨技术北京市重点实验室进行试验。本研究获得中国中医科学院望京医院医学伦理委员会批准(批号为WJEC-KT-2021-055-P002),所有受试者均签署知情同意书。

1.2 诊断标准

健康人群诊断标准依据世界卫生组织(WHO)提出的衡量健康与否的十大准则:1)精力充沛,能适应日常生活和繁重的工作,不会过于紧张和疲劳;2)乐观,积极,愿意承担责任,事无巨细,不挑剔;3)善于休息,睡眠好;4)能够适应外部环境的一般变化;5)对普通感冒和传染病有抵抗能力;6)身体匀称,站立时四肢及躯干位置协调;7)眼睛明亮,反应迅速,眼部不易感染炎症;8)牙齿清洁,无龋齿,无疼痛,牙龈无出血;9)头发有光泽;10)肌肉丰满,皮肤有弹性。

1.3 纳入标准

1)受试者符合健康人群十大诊断标准,年龄为18~40岁;2)无手法禁忌证;3)既往无腰椎外伤史;4)未曾患腰椎相关疾病;5)签署知情同意书,自愿受试。

1.4 排除标准

1)患骨与关节畸形、骨折、脱位;2)处于妊娠或哺乳期妇女;3)操作局部有皮肤破损或皮肤病者。

1.5 方法

1.5.1 手法操作者 招募1名具有10年以上手法临床经验的中医骨伤科专家作为专家组;10名在读中医骨伤科专业博士研究生作为初学者组。所有专家和初学者需通过对入门级骨科专科体格检查认识与掌握的考核。

1.5.2 试验设备与准备 运动捕捉系统:15台数字动作捕捉镜头(Optitrack公司制作,摄像头型号为Prime13,像素值为130万,精度为0.01 mm),MO-TIVEBODY分析软件(Optitrack公司),Visual3D数据分析软件(美国C-motion公司)。手法力学测量手套:力学测量左右手各一只(中医正骨技术北京市重点实验室与北京理工大学自动化研究所联合研发,实用新型专利号为201620427405.8),将运动捕捉系统及场地校准,受试者穿戴特制紧身服,并由助手安置相应Marker点,为手法操作做好准备。

1.5.3 手法操作过程 对每一位受试者进行编号,依次为01至20。受试者按“01,02;03,04;05,06;……;19,20”形式分为10个小组,10个小组依次接受手法操作。专家对10个小组受试者依次操作手法,在每一位受试者身上完成两次操作;初学者在一位受试者身上完成两次操作,在另一位受试者身上完成两次操作,每位初学者共完成四次操作。同一个受试者被操作间隔至少30 min,以便吸收脊柱关节囊中因空化作用而产生的负压气体。

受试者端坐于特制的治疗椅上并固定双下肢,双手抱头,施术者坐于后侧,一手拇指指腹顶住L₅棘突,另一手从受试者一侧腋下穿过,将手掌置于对侧颈肩部,嘱受试者缓慢前屈躯体,当拇指有棘突间隙张开感时停止前屈,使其向该侧作最大幅度的侧屈,同时将按住受试者颈肩部的手做同向发力,另一手拇指推顶棘突以扳动,通常能感到棘突有跳动且听到“咔哒”声响,对侧做同样手法操作(见图1)。

1.5.4 观察指标 运动学参数:旋扳过程中的最大速度与最大加速度,旋扳过程中旋转、前屈、侧屈的最大角度。力学参数:旋扳过程中拇指最大顶推力,最大掌侧力,最大力矩。

1.6 统计学方法

用SPSS 22.0软件分析,运动学与力学参数均为定量资料,以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示。两组手法操作的运动学与力学参数比较采用配对样本 t 检验, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

本研究共纳入20例受试者,男10例,女10例;年



图 1 坐位腰椎旋转手法操作步骤

龄为 23~28 岁,平均为(25.36±1.67)岁;身高为 1.51~1.90 m,平均为(1.68±0.09)m;体重为 46~95 kg,平均为(68.66±16.60)kg;体重指数为 17.53~29.32 kg/m²,平均为(23.87±3.94)kg/m²。

2.2 手法操作的运动学参数比较

两组受试者的运动学参数中旋扳时的速度、加速

度及旋转的最大角度,三个参数之间差异有统计学意义($t=2.162, 2.215, 2.376; P=0.044, 0.039, 0.028$)。旋扳时前屈与侧屈的最大角度两个参数之间差异无统计学意义($t=0.517, 1.709; P=0.611, 0.104$),见表 1。

2.3 各组间手法操作的力学参数比较

表 1 运动学参数的分析比较($\bar{x}\pm s$)

参数	初学者组	专家组	t	P
旋扳最大速度/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0.66±0.08	0.72±0.08	2.162	0.044
旋扳最大加速度/($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$)	7.49±1.70	8.95±2.00	2.215	0.039
旋转最大角度/(°)	65.59±10.35	58.76±5.60	2.376	0.028
前屈最大角度/(°)	38.80±9.56	37.40±8.81	0.517	0.611
侧屈最大角度/(°)	50.14±5.90	54.95±11.31	1.709	0.104

两组受试者的力学参数中拇指最大顶推力与掌侧最大力两个参数之间差异有统计学意义($t=4.754, 17.759; P<0.001$)。坐位腰椎旋转手法操作中,掌侧作用的力大致垂直于颈部,发力手掌到腰椎的长度可作为力矩的有效长度,以肩峰到腰部两侧的 Marker

点为基础,以躯干两侧的平均长度作为躯干长度,计算出两组的最大力矩分别为(27.80±3.70)N·m 和(34.32±3.74)N·m,两组最大力矩参数之间差异有统计学意义($t=8.166, P<0.001$),见表 2。

3 讨论

表 2 力学参数的分析比较($\bar{x}\pm s$)

参数	初学者组	专家组	t	P
拇指最大顶推力/N	112.20±12.31	129.50±12.26	4.754	<0.001
旋扳最大掌侧力/N	63.25±7.29	75.30±6.90	17.759	<0.001
最大力矩/(N·m)	27.80±3.70	34.32±3.74	8.166	<0.001

本研究发现坐位腰椎旋转手法操作过程为复合三维运动,包括前屈、旋转、侧屈,先前屈再侧屈旋转。根据手法运动轨迹可知,在侧屈旋转过程中受试者同时伴随腰后伸的耦合运动,因此手法操作后期前屈角度有减小趋势,甚至部分受试者在手法操作完成时由初始前屈体位变为后伸体位。由实验结果可知,坐位腰椎旋转手法属于“长杠杆”手法,手法以一手拇指作为辅助,抵住患者病变腰椎棘突起到固定作用,而另一手作用于颈部,引导患者摆好体位并扳动腰椎,起到主要发力手作用。综上所述,本手法的操作特征为“前屈-侧屈旋转-后伸”的耦合运动。

有研究表明^[11]针对坐位腰椎旋转手法,患者腰椎间盘退变越严重,手法操作越需要慎重。有研究者通过有限元研究^[12-13]模拟操作坐位旋转腰椎手法时椎间

盘应力分布,发现应力主要集中于纤维环,且主要集中于旋转对侧的后外侧,这与本研究中估算的侧向力矩较大形成的结果也相符合。因此,临床上运用此手法治疗退行性脊柱疾病时,一定要控制好力度,以免进一步损伤纤维环而加重病情,对于初学者来说,更不建议运用此手法对腰椎疾病患者进行练习等操作,这也一定程度上阻碍此手法的推广与传承教学。

作为治疗腰腿痛的代表性方法,坐位腰椎旋转手法在临床上已被证明能有效缓解肌肉痉挛、松解粘连和纠正脊柱关节紊乱,可减轻局部疼痛,恢复腰椎功能活动^[14-15]。手法的操作不仅是对操作区域施加一定的力,而且还要掌握一定的技巧^[16]。手法是一个三维的动态运动过程,包含了手法的方向、速度和幅度等运动学表现,也包括手法力的大小、变化、作用方向等生物

力学作用。运动学与力学联合作用直接关系到手法的效果,因此需要对手法操作的运动学与力学特征进行量化分析。而近年来随着科学技术及生物力学的发展,三维运动捕捉系统、数字化技术等新技术逐渐应用于各种手法操作的运动学研究,从而在一定程度上推动了坐位腰椎旋转手法运动与力学研究的深入,为手法操作教学及传承提供新的指导思路。坐位腰椎旋转手法作为长杠杆扳动类手法,手法操作过程中腰椎被动活动幅度大,因此需要医生熟练掌握对患者体位的摆放、扳动幅度与力度,在不超过腰椎生理活动度极限的范围内,对病灶处给予有效的高速低幅振动。然而根据本试验数据分析可知,初学者组与专家组组间旋扳最大速度、旋扳最大加速度、旋转最大角度、拇指最大顶推力、旋扳最大掌侧力、最大力矩等参数对比差异有统计学意义,其中初学者组操作坐位腰椎旋转手法时的旋转最大角度明显大于专家组,而前者手法的旋转速度、加速度、旋转扳最大掌侧力、最大力矩等数据却明显小于后者,可知初学者在操作此手法时主要操作问题为发力偏小、不够果敢,且旋转幅度过大,对受试者有着较高的损害风险,这也能从侧面说明,初学者手法操作时发力时机并不适宜,根据与专家组数据相比较结果推测,手法操作应做到控制、短促、有力,方可使手法力能有效传递到病位,也能防止因操作幅度过大的医源性损害。

本试验采用健康人群作为受试者,其优势如下:在手法操作规范的前提下,对于健康人群而言,腰椎关节活动度正常,可避免来源于骨质增生退变或软组织粘连疼痛等因素的干扰,有利于总结、规范手法操作的运动力学特征,可为今后研发培训机器人提供参考。本试验结果表明,初学者在掌握坐位腰椎旋转手法过程中最难以把握的技巧是如何合理有效地进行发力操作,如何尽快掌握发力操作是该手法教学的关键。

本研究的局限性:1)样本量不足,今后应继续扩大样本量,丰富数据,完善结果。2)缺乏手法操作的影响因素分析,今后要针对坐位腰椎旋转手法的影响因素进行相关性分析,主要包括操作者及受试者两方面,如操作者的个体特征、操作习惯,患者的身高、体重、腰部周径等。

参考文献

[1] 于杰,朱立国,高景华,等. 退行性腰椎滑脱症治疗与康复方案的临床研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24

(11):11-14.

- [2] HUANG X, LIN D, LIANG Z, et al. Mechanical parameters and trajectory of two chinese cervical manipulations compared by a motion capture system[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2021, 9: 714292.
- [3] 耿楠, 刘迪, 刘卉, 等. 颈部端提手法对颈型颈椎病患者颈椎长度及角度影响的运动学参数分析[J]. 上海中医药杂志, 2017, 51(3): 18-20.
- [4] 刘昱材, 吕晶, 李进龙. 推拿手法量化及参数研究微探[J]. 中华中医药杂志, 2017, 32(3): 1191-1193.
- [5] 冯敏山, 韩昶晓, 梁栋柱, 等. 旋提手法对下颈椎椎体位移影响的体外生物力学特征[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(18): 2820-2823.
- [6] 李建国, 高春雨, 高景华, 等. 基于运动捕捉系统构建摇拨截手法治疗踝关节扭伤动画仿真模型的研究[J]. 中国数字医学, 2021, 16(8): 93-97.
- [7] 李建国, 高春雨, 冯敏山, 等. 运动捕捉摇拨截手法治疗踝扭伤运动轨迹相关问题研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26(9): 19-22.
- [8] 霍路遥, 符碧峰, 冯天笑, 等. 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[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2021, 29(5): 6-11.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 刘柏杰, 周红海, 何心愉, 等. 三维有限元法分析脊柱推拿手法的生物力学特征[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(27): 4385-4392.
- [12] 陈忻, 于杰, 冯敏山, 等. 坐位旋转手法治疗退行性腰椎滑脱的椎间盘力学分析[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(4): 1395-1400.
- [13] 张人文, 莫灼锚, 唐树杰. 腰椎间盘突出症治疗手法的有限元研究现状[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26(1): 81-83.
- [14] 徐帮杰, 杨楠, 白伟杰, 等. 坐位定点旋转整复法治疗腰椎间盘突出症的疗效观察[J]. 中医正骨, 2015, 27(11): 17-19.
- [15] 韩雪, 韩磊, 张军, 等. 冯氏坐位脊柱定点旋转法与中医传统侧卧不定点斜扳法治疗腰椎间盘突出症比较研究[J]. 北京中医药, 2015, 34(8): 598-602.
- [16] 唐广君, 王宝剑, 李建国, 等. 摇拨截手法治疗急性外侧踝关节扭伤的运动学量化研究[J]. 医用生物力学, 2022, 37(1): 143-147.

(收稿日期: 2023-04-09)