

坐位定点旋腰法运动学与力学关键参数研究

陈贵腾^{1,2,3,4}, 陈嘉婧^{1,2}, 曾维铨^{1,3}, 郭洁梅^{1,2}, 王和鸣^{1,2}, 魏鸿鑫^{1,3}, 林欣怡^{1,2}, 刘 宇^{1,2*}

1 福建中医药大学骨伤学院, 福建 福州 350122;

2 中医骨伤及运动康复教育部重点实验室, 福建 福州 350122;

3 福建省康复技术重点实验室, 福建 福州 350003;

4 福建中医药大学附属人民医院, 福建 福州 350004

* 通信作者: 刘宇, E-mail: 511706630@qq.com

收稿日期: 2025-10-08; 接受日期: 2025-12-25

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(82474552); 福建省自然科学基金项目(2022J01871); 中医骨伤及运动康复教育部重点实验室

开放基金资助项目(XGS2024006); 福建中医药大学福建省民间中医药学术传承专项课题(XMJ2023006)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2026.07003

摘要 目的 采集并分析坐位定点旋腰法施术过程中的运动学与力学关键参数, 建立该手法的基础生物力学特征模型, 为其在脊柱康复领域的规范化操作与教学培训提供量化依据。**方法** 选取 2024 年 2—7 月于福建中医药大学附属人民医院体检科体检的健康受试者 10 名, 由高年资流派传承人施行坐位定点旋腰法。采用三维运动捕捉系统、压力薄膜测力系统和下肢测力台, 同步采集施术者双侧四肢大关节活动角度, 以及上肢作用力和下肢地面反作用力, 绘制施术者上、下肢作用力变化曲线并进行分析。比较左、右旋扳时各运动学与力学参数差异, 并进行相关性分析。**结果** 运动学方面, 在施术过程中, 施术者双侧肘、髌、膝关节屈伸角度变化较大, 活动范围均 $>60^\circ$; 腕、肩、踝关节的活动角度变化较小, 均 $<25^\circ$; 向左和向右旋扳时, 施术者牵引侧和旋扳侧肘关节、髌关节、膝关节活动角度比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 肘、髌、膝关节屈伸角度之间均呈正相关 ($P<0.05$)。力学方面, 施术者双侧上肢作用力曲线高度相似, 均呈现 1 个小波峰(预加载段、缓发力)与 1 个大波峰(旋扳段、寸劲发力), 变化幅度及波峰起始点基本一致; 预加载段: 上肢预加载时间 $t_{\text{上肢预加载}} = (442.43 \pm 20.12) \text{ms}$, 上升斜率 $K_{\text{上肢预加载}} = 0.023 \text{ N/ms}$; 旋扳段: 上肢旋扳时间 $t_{\text{上肢旋扳}} = (102.32 \pm 9.29) \text{ms}$, 上升斜率 $K_{\text{上肢旋扳}} = 0.032 \text{ N/ms}$ 。施术者除克服双下肢自身重力外, 均产生一定额外作用力; 椎体“绞锁”过程(预加载段、蓄力): 下肢预加载时间 $t_{\text{下肢预加载}} = (71.09 \pm 4.34) \text{ms}$, 上升斜率 $K_{\text{下肢预加载}} = 0.179 \text{ N/ms}$; 旋扳发生段(旋扳段、向后向上快速发力): 下肢旋扳时间 $t_{\text{下肢旋扳}} = (16.27 \pm 1.52) \text{ms}$, 上升斜率 $K_{\text{下肢旋扳}} = 1.076 \text{ N/ms}$ 。向左和向右旋扳时, 施术者的拇指预加载力、拇指旋扳最大作用力、手掌预加载力、手掌旋扳最大作用力、上肢预加载力、上肢旋扳最大作用力、下肢预加载力、下肢旋扳最大作用力大小比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。施术者上肢各力学参数之间及上、下肢合力力学参数之间均呈正相关 ($P<0.05$)。**结论** 坐位定点旋腰法施术过程中, 施术者肘、髌、膝关节呈现协同、连贯的屈伸运动模式, 上下肢发力具有“预加载缓升-旋扳快速爆发”的时序特征, 下肢全程参与且与上肢高度协同。本研究初步明确了该手法操作的运动控制模式与安全载荷范围, 为脊柱康复手法的规范化培训、操作安全评估及后续临床研究提供了量化基线数据。

关键词 坐位定点旋腰法; 脊柱康复; 腰椎; 正骨手法; 生物力学; 运动学

近年来, 久坐劳损、姿势性不良等因素致使脊柱相关疾病发病率上升且呈现年轻化趋势, 已成为

影响公众身心健康的重要危险因素之一^[1-2]。该类疾病易反复发作、病程缠绵, 常导致脊柱力学失衡,

引用格式: 陈贵腾, 陈嘉婧, 曾维铨, 等. 坐位定点旋腰法运动学与力学关键参数研究[J]. 康复学报, 2026, 36(7): 483-491, 499.

CHEN G T, CHEN J J, ZENG W Q, et al. Key kinematic and mechanical parameters for the seated fixed-point lumbar rotational manipulation [J]. Rehabil Med, 2026, 36(7): 483-491, 499.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2026.07003

©《康复学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 4.0 协议

© Rehabilitation Medicine, OA under the CC BY-NC-ND 4.0

进而引发疼痛及活动障碍,严重影响患者生活质量。手法治疗作为重要的物理治疗手段,因其安全无创、靶向性强等优势,被广泛用于脊柱源性疾病的康复干预与功能重建^[3]。南少林骨伤流派融合南少林武术精髓,汇聚“禅”“医”“武”之大成,在本领域形成独到的理论和治疗特色^[4-6]。该流派在此基础上,发展出以“动作连贯”“拳马为基”为特色的整脊手法体系^[7-9]。坐位定点旋腰法为其代表性术式之一,其临床疗效已获得广泛认可。

尽管坐位定点旋腰法在椎体小关节紊乱、腰肌劳损及力学失衡等疾病的康复治疗中疗效确切,但“口传心授”的传承模式存在操作标准不明确、质量控制困难等问题,难以满足康复手法规范化教学及安全施术的现实需求^[10-11]。当前,康复医学强调基于生物力学分析的治疗技术优化与量化评估,随着逆向工程学原理和运动生物力学测算技术的进步,手法操作过程中关键参数的提取与定量分析已成为可能^[12-15]。本研究运用三维运动捕捉系统、压力薄膜测力系统及下肢测力台,系统采集坐位定点旋腰法的运动学与力学核心参数,构建该手法的基本生物力学特征模型,明确关键参数(关节角度范围、发力斜率、力值区间)的标准化模式,旨在为该手法在脊柱康复领域的规范化操作、安全性评估及教学培训提供客观参考依据。

1 临床资料

1.1 研究对象选择标准

1.1.1 健康受试者

1.1.1.1 判定标准 参考 LÓPEZ-OTÍN 和 KROEMER^[16]提出的健康标准:①精力充沛,情绪积极乐观,能胜任日常工作与生活,不易产生过度紧张或疲惫;②对常见感染性疾病具有正常的免疫抵抗力;③体形匀称,站立时四肢与躯干姿态协调,肌肉丰满,皮肤弹性良好;④入组前未患任何疾病,或既往疾病已完全治愈且经评估不影响本研究的生物力学测量结果。

1.1.1.2 纳入标准 ①符合上述健康受试者判定标准;②18~55岁,性别不限;③对本研究方案充分知情,并自愿签署书面知情同意书,愿意接受随访;④腰部X线和/或CT、MRI检查未见明显腰椎椎体移位、棘突偏移、关节间隙异常等相关病理改变。

1.1.1.3 排除标准 ①有先天性脊柱畸形或既往

脊柱外伤、手术史;②存在严重骨质疏松、腰椎肿瘤、腰椎结核、脊柱感染、椎体骨折、严重椎管狭窄等手法治疗禁忌证;③患有精神或心理疾病,或对手法操作存在严重恐惧心理;④手法操作部位皮肤有破损、感染或既往损伤史;⑤妊娠期或哺乳期女性。

1.1.2 施术者 由从事南少林骨伤手法操作20年以上的高年资流派传承人担任施术者。为保证所采集手法力学参数具有真实的流派代表性,研究过程中邀请“南少林骨伤流派传承工作室”学术传承人王和鸣教授现场指导与质量把控,确保每例手法操作均符合流派规范要求。

1.2 一般资料

通过广告招募方式选取2024年2—7月在福建中医药大学附属人民医院体检科体检的健康受试者10例,其中男7例,女3例;年龄25~48岁,平均 (30.20 ± 10.59) 岁;身高 (168.11 ± 10.72) cm;体质量 (62.10 ± 15.61) kg。本研究为探索性研究,样本量设定主要聚焦于施术者操作过程的生物力学特征分析,而非受试者群体的效应验证。该设计模式在同类手法生物力学研究中已有先例,国内多家学术团队在手法标准化研究中同样采用小样本健康受试者模式,以提取施术者的核心力学参数^[17-18]。本研究方案经福建中医药大学附属人民医院医学伦理委员会审查批准(审批号:YJS 2024-052-02)。

2 方 法

2.1 设备与标定

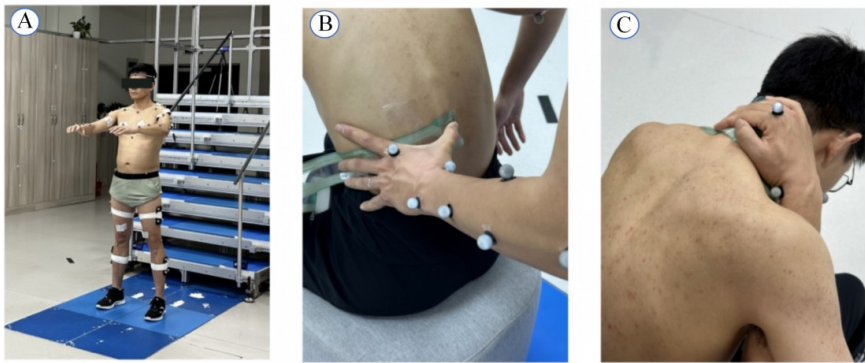
2.1.1 主要研究设备 ①运动捕捉系统(瑞典Qualisys公司,型号:Qualisys Oqus 7+):含12台运动捕捉镜头(Qualisys 700+摄像机10台、Qualisys 200c摄像机2台);②压力薄膜测力系统(常州福普生电子科技有限公司,型号:FPS 7001):含2块压力薄膜采集器(规格:8.42 cm×8.42 cm,含1 936个感测点)及压力薄膜传感器(采样频率100 Hz);③下肢测力平台(瑞士Kistler公司,型号:9281B):含2块Kistler三维测力板。

2.1.2 运动捕捉系统与下肢测力台标定 将荧光标志球固定于施术者的肩、肘、腕、髌、膝、踝关节处,用以测量其活动角度及运动轨迹,具体标志点位置如图1A及增强出版附加材料附表1所示。标定时,要求施术者在藏地式下肢测力台上放松站立5 s,双上肢稍外展,完成骨骼模型建立及测力台

标定。

2.1.3 压力薄膜测力系统标定 将压力薄膜感受

器置于受试者手法接触部位,调节系统压力归零。见图1B、图1C。



注:图A为运动捕捉系统及下肢测力台标定;图B为旋扳手位置及压力薄膜感受器标定;图C为牵引手位置及压力薄膜感受器标定。

Note: Figure A is the calibration of motion capture system and lower limb force plates; Figure B is the calibration of rotational manipulation hand position and pressure-sensitive film sensor; Figure C is the calibration of traction hand position and pressure-sensitive film sensor.

图1 测试前准备

Figure 1 Preparations before testing

2.2 手法操作规范

施行坐位定点旋腰法时,受试者取坐位,施术者立于受试者背后一侧。一手拇指顶住第4腰椎棘突,另一手由受试者同侧腋下伸向前方,掌部压于颈后。嘱受试者躯体缓慢前屈至最大限度;随后施

术者按颈之手向手下按压、肘部上抬,引导受试者腰部向后内侧作最大幅度旋转。施术者同时屈髋屈膝、收紧核心,呈“马步”式蓄力,顶住棘突的拇指随即向对侧发力推挤。当指下感知椎体发生轻微错动或闻及“咔嗒”声时,即为手法完成^[4]。见图2。

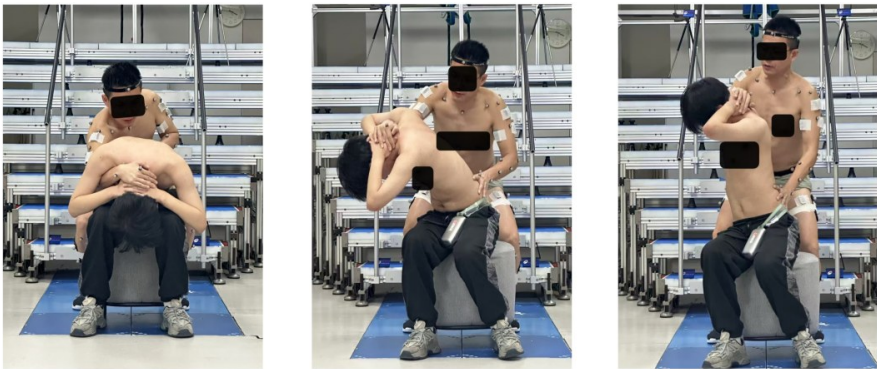


图2 坐位定点旋腰法操作示意图

Figure 2 Diagram of the seated fixed-point lumbar rotation manipulation

2.3 数据采集流程

待场外人员发出“开始”口令后,施术者在已标定的场地中对健康受试者施行坐位定点旋腰法。操作结束后由场外人员发出“结束”口令,并立即停止采集、保存数据。每名受试者分别接受1次向左和1次向右的旋扳操作。

2.4 检测指标

2.4.1 运动学关键参数 采用三维运动捕捉系统收集施术过程中施术者四肢大关节(腕、肘、肩、髋、

膝、踝关节)的活动角度变化数据,并绘制各关节活动角度变化曲线。

2.4.2 力学关键参数 通过压力薄膜测力系统采集施术者施术过程中上肢对健康受试者施加的作用力,由于该手法对健康受试者的作用力主要通过手掌与拇指接触实现,施术者上肢在各阶段的作用力根据公式($F_{\text{上肢}} = F_{\text{手掌}} + F_{\text{拇指}}$)计算,即手掌与拇指发力之和。通过下肢测力平台采集施术者下肢对地面作用力,根据公式($F_{\text{下肢作用力}} = F_{\text{地面反作用力}} - F_{\text{施术者重力}}$)

计算下肢作用力。

参照 TRIANO 等^[19]定义的实验参数,结合所采集到的上、下肢作用力数据,绘制施术者上、下肢作用力变化曲线。以旋扳操作点为分界,将全过程分为“预加载段”与“旋扳段”。结合施术过程录像对力学曲线进行分析。

2.5 统计学方法

使用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。计量资料符合正态分布以($\bar{x}\pm s$)表示;组间比较采用两样本 *t* 检验。相关性分析采用 Pearson 相关分析法,并计算相关系数(*r*)。*P*<0.05 表示差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 运动学关键参数

3.1.1 各关节活动角度比较 施术者在施术过程中双侧肘、髋、膝关节屈伸角度变化较大,活动范围均>60°,且变化趋势基本一致;腕、肩、踝关节的活动角度变化较小,均<25°,曲线近似平行直线。见增强出版附加材料附图 1。

3.1.2 左右旋扳时各关节活动角度比较 向左和向右旋扳时,施术者牵引侧和旋扳侧肘关节、髋关节、膝关节活动角度比较,差异均无统计学意义(*P*>0.05)。见表 1。

表 1 左右旋扳时各关节活动角度比较($\bar{x}\pm s$)

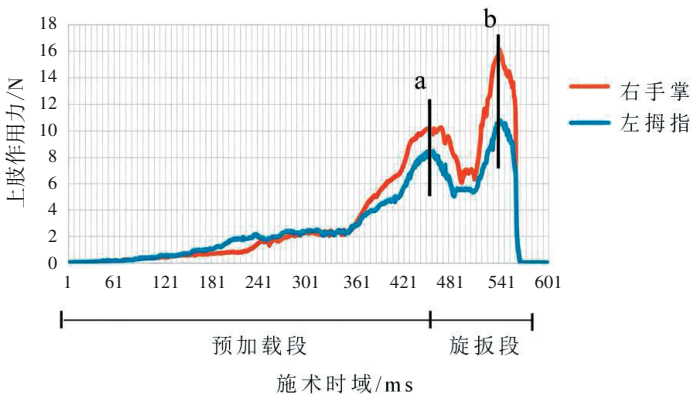
Table 1 Comparison of joint range of motion between left and right rotational manipulation ($\bar{x}\pm s$)					
活动关节		向左旋扳	向右旋扳	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
肘关节	牵引侧	80.16±5.25	80.52±5.65	0.148	0.884
	旋扳侧	86.56±9.46	86.98±8.97	0.102	0.920
髋关节	牵引侧	93.93±10.18	93.34±9.95	-0.130	0.898
	旋扳侧	91.28±10.42	91.79±10.03	0.113	0.911
膝关节	牵引侧	101.11±8.76	95.80±8.30	-1.393	0.181
	旋扳侧	97.47±8.41	92.34±7.97	-1.398	0.179

3.1.3 主要施术关节活动角度间相关性分析 施术者在施术过程中肘、髋、膝关节屈伸角度之间均呈正相关(*P*<0.05)。见增强出版附加材料附表 2。

3.2 力学关键参数

3.2.1 上肢力学参数 施术者在施术过程中,双侧上肢作用力曲线高度相似,均呈现 1 个小波峰(预加

载段、缓发力)与 1 个大波峰(旋扳段、寸劲发力),变化幅度及波峰起始点基本一致。预加载力段:上肢预加载时间 $t_{\text{上肢预加载}}=(442.43\pm 20.12)\text{ms}$,上升斜率 $K_{\text{上肢预加载}}=0.023\text{ N/ms}$ 。旋扳段:上肢旋扳时间 $t_{\text{上肢旋扳}}=(102.32\pm 9.29)\text{ms}$,上升斜率 $K_{\text{上肢旋扳}}=0.032\text{ N/ms}$ 。见图 3。



注:a 点为椎体绞锁完全时所施加的预加载力;b 点为旋扳操作中所施加的最大作用力。

Note: point "a" represents the pre-load force applied when the vertebral body locking is fully achieved; point "b" represents the maximum force applied during the rotation and manipulation operation.

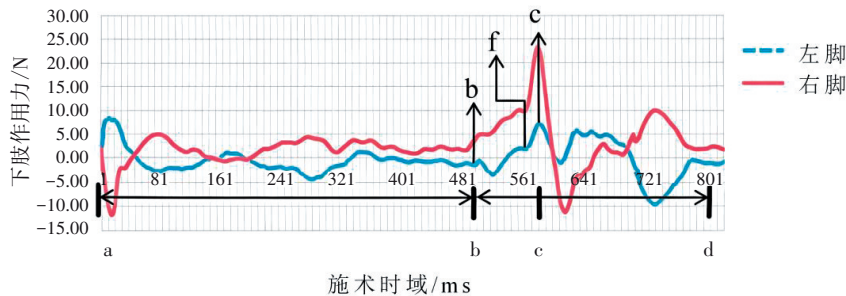
图 3 坐位定点旋腰法施术者上肢作用力-时间曲线

Figure 3 Force-time curve of the operator's upper-limbs during the seated fixed-point lumbar rotational manipulation

3.2.2 下肢力学参数 施术者在施术过程中,除克服双下肢自身重力外,均产生一定额外作用力。椎

体“绞锁”过程(预加载段、蓄力):下肢预加载时间 $t_{\text{下肢预加载}}=(71.09\pm 4.34)\text{ms}$,上升斜率 $K_{\text{下肢预加载}}=$

0.179 N/ms;旋扳发生段(旋扳段、向后向上快速发力):下肢旋扳时间 $t_{\text{下肢旋扳}}=(16.27\pm1.52)\text{ms}$ 、上升斜率 $K_{\text{下肢旋扳}}=1.076\text{ N/ms}$ 。见图4。



注:ab段为施术者踏入测力台进行的各项准备阶段;bf段为施术者屈髋屈膝、收紧核心呈“马步”式蓄力阶段;fc段为向后向上快速旋扳阶段。f点为旋扳前下肢施加的预加载力;c点为旋扳时下肢施加的最大作用力。

Note: "ab" section represents the preparatory stages that the practitioner goes through when stepping onto the force-measuring platform; "bf" section is the stage where the practitioner bends the hips and knees, tightens the core, and assumes a "horse stance" to build up strength; "fc" section is the stage of rapidly rotating and pulling back. Point "f" represents the pre-load force applied by the lower limbs before the rotation; point "c" represents the maximum force applied by the lower limbs during the rotation.

图4 坐位定点旋腰法施术者下肢作用力-时间曲线

Figure 4 Force-time curve of the operator's lower-limbs during the seated fixed-point lumbar rotational manipulation

3.2.3 左右旋扳时各力学关键参数作用力大小比较 向左和向右旋扳时,施术者的拇指预加载力、大作用力、上肢预加载力、上肢旋扳最大作用力、下肢预加载力及下肢旋扳最大作用力大小比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

表2 左右旋扳时各力学关键参数作用力大小比较($\bar{x}\pm s$)
Table 2 Comparison of force magnitudes of key mechanical parameters between left and right rotational manipulation ($\bar{x}\pm s$)

部位	力学关键参数	向左旋扳	向右旋扳	t 值	P 值
拇指	预加载力	8.57 ± 2.15	8.55 ± 2.14	-0.024	0.981
	旋扳最大作用力	11.59 ± 2.90	10.87 ± 2.69	-0.578	0.570
手掌	预加载力	10.52 ± 2.64	10.29 ± 2.57	-0.203	0.841
	旋扳最大作用力	15.35 ± 3.87	16.36 ± 4.04	0.575	0.572
上肢	预加载力	18.82 ± 4.62	18.84 ± 4.71	0.006	0.995
	旋扳最大作用力	27.40 ± 6.76	27.23 ± 6.73	-0.570	0.955
下肢	预加载力	12.70 ± 3.01	12.70 ± 2.99	-0.003	0.997
	旋扳最大作用力	30.19 ± 7.10	30.21 ± 7.11	0.007	0.994

3.2.4 上、下肢力学参数相关性分析 施术者在施术过程中,上肢各力学参数之间及上、下肢力学参数之间均呈正相关($P<0.05$)。见增强出版附加材料附表3和附表4。

4 讨 论

4.1 坐位定点旋腰法施术者运动学和力学参数分析

4.1.1 运动学参数 运动捕捉数据显示,施术者双侧肘关节屈曲最大角度接近,均呈近90°屈曲状态。

屈肘近90°是肘关节稳定发力的常用角度,有助于施术者对健康受试者颈部的旋带力度与引导幅度进行精细调控,确保腰部旋转轨迹贴合施术目标。旋扳侧肘关节屈曲更加接近90°但非刻板于此,考虑与该侧上肢需稳定顶住目标棘突、并通过肘关节微调精准控制旋扳发力方向、防止作用点偏移有关。施术者髋关节屈曲最大角度稳定在91°~94°,该屈曲范围能确保下肢稳定支撑身体、形成稳定的发力预备姿态,为后续马步蓄力奠定基础,同时两侧相对对称的屈曲角度也有助于维持骨盆处于水

平位,避免因骨盆倾斜导致的发力轨迹偏移,从而保证整体力学传导路径连贯无断点^[20]。骨盆的稳定性是躯干与下肢力量有效传递的前提,该发现提示在手法培训中应重视施术者骨盆控制能力的训练。双侧膝关节,特别是旋扳侧膝关节接近屈膝90°状态,施术者同时屈髋、屈膝收紧核心,呈“马步”式蓄力。此姿势不仅为施术者提供稳定的“底盘”支撑,更可通过马步蓄力形成完整的发力链,将下肢与核心的力量经躯干、上肢传导至手部,精准作用于目标部位^[21-22]。

4.1.2 力学参数 力学参数显示,预加载段拇指作用力为向左旋扳(8.57 ± 2.15)N、向右旋扳(8.55 ± 2.14)N,手掌为向左旋扳(10.52 ± 2.64)N、向右旋扳(10.29 ± 2.57)N,上肢合力为向左旋扳(18.82 ± 4.62)N、向右旋扳(18.84 ± 4.71)N。施术者掌部施加的作用力可固定健康受试者上半身姿态,为后续腰部旋扳建立稳定的上半身支点,避免因健康受试者晃动导致的旋扳轨迹偏移。拇指预加载力略大,旨在确保拇指与目标棘突形成稳定接触,防止旋扳过程中作用力靶点滑脱,同时该力值维持在适度水平,避免因初始压力过大造成棘突及周围软组织挤压损伤^[23]。旋扳段拇指作用力为向左旋扳(11.59 ± 2.90)N、向右旋扳(10.87 ± 2.69)N,手掌为向左旋扳(15.35 ± 3.87)N、向右旋扳(16.36 ± 4.04)N,上肢合力为向左旋扳(27.40 ± 6.76)N、向右旋扳(27.23 ± 6.73)N。施术者手掌作用力较预加载段明显增大,旨在通过手掌按压配合拇指发力形成反向力矩,进而控制旋扳幅度,避免因旋扳过度造成损伤;拇指发力的增加旨在提供足够的推力,突破腰椎小关节的运动阻滞以实现椎体的轻微错动复位,同时力值控制在安全范围内,避免对棘突及神经根造成损伤。预加载段下肢作用力为向左旋扳(12.70 ± 3.01)N、向右旋扳(12.70 ± 2.99)N,提示施术者下肢在预加载阶段即已产生适当且稳定的发力,为施术者提供稳固的基底。旋扳段下肢作用力为向左旋扳(30.19 ± 7.10)N、向右旋扳(30.21 ± 7.11)N,呈现峰值支撑力,在前期稳定发力的基础上以下肢蓄力为基底,形成“足-膝-髋-肘-手”的完整发力链,使旋扳力的来源更加稳定可控,避免仅靠上肢发力导致的力值不稳、发力短促及靶点偏移等问题^[24-25]。

4.2 坐位定点旋腰法施术者运动链协同特征

坐位定点旋腰法在实施过程中呈现出“动作贯通”的施术特征,包含关节活动协调连贯与发力协

同配合2个维度。现代研究也发现,坐立位腰椎整复手法操作过程幅度大、发力猛,施术者关节运动与发力情况是操作的核心参数^[26-27]。因此,动作与发力的协同贯通是促使该手法完整施行并产生疗效的关键之一。

4.2.1 施术贯通 既往运动学相关研究多聚焦于受试者被动运动轨迹,结果显示坐立位腰椎旋转类手法是以“前屈-侧旋-后伸”为轨迹的耦合运动,需施术者多关节共同参与操作^[28-29]。本研究选取施术者为运动学研究对象,结果显示手法施行主要依赖肘、髋、膝关节屈曲活动(角度变化 $>60^\circ$),且关节活动角度曲线连续无明显中断,与南少林骨伤特色整脊手法所要求的“施术贯通、协同流畅”高度契合。该结果表明,施术者在操作过程中各主要关节持续参与、协调联动,形成了流畅的运动链。运动链的完整性与功能动作的质量密切相关,这一发现提示在手法培训中应注重施术者整体运动模式的建立^[30]。

4.2.2 发力贯通 施术者各阶段施加的上、下肢作用力大小变化趋势相似。预加载段上、下肢发力呈现时间长、增长斜率小的特点,表现为由轻到重的渐进式加载模式,有利于施术者在正式操作前通过持续接触感知健康受试者局部组织的初始张力与活动度,也与南少林武术上、下肢“缓发力、低力度、持续时间长”的发力模式一致;旋扳段则表现为在前段基础上骤然爆发,力值曲线快速升降,与南少林武术“大力度、高爆发、作用时间短”的发力模式一致,其他流派手法研究亦发现类似的操作力学模式^[31]。各阶段作用力大小不因旋扳方向不同而存在显著差异,提示该手法操作具有良好的可重复性和方向对称性,为制定标准化的手法康复操作规范提供了依据。

4.3 坐位定点旋腰法施术者下肢支撑与整体发力关系

重视下肢支撑与整体发力亦是坐位定点旋腰法的重要特征。南少林武术素有“拳以马为基,步落地生根”的特点,强调下肢支撑作为力量传导的根基。既往研究证实,当测力台力矩与人体矢状轴、冠状轴无法匹配时,可选用水平面内合力进行研究^[32-33]。本研究运用测力台采集下肢发力参数,结果显示双下肢除克服自身重力之外,还施加了大小变化趋势同上肢发力高度相似的额外作用力,且上下肢发力情况存在显著正相关。这提示本手法的操作发力遵循特定的时序规律:预加载段以下肢

支撑为起始,下肢扎紧“马步”、上肢接触健康受试者,在积蓄力量的同时推进椎体使目标节段处于预负荷状态;待力量蓄积至旋扳所需合力水平,再经躯干传递至上肢着力部位。目前针对整脊手法下肢发力的研究仍较为匮乏,本研究虽尚未能进一步深入阐释上下肢力量传递的生物力学机制,但明确显示施术者双下肢发力完整且与上肢高度协同。这一发现提示,在手法康复培训中,应将下肢力量训练与核心稳定性控制作为基础教学内容,而非仅关注上肢操作技巧,同时也有助于降低施术者自身职业性劳损的风险^[34]。

4.4 研究不足与展望

本研究为探索性研究,样本量较小,统计检验效能可能存在不足。后续将扩大样本量进一步验证,并纳入不同层级施术者进行对比研究,以建立手法技能的量化评估指标体系。此外,手法的生物力学响应在健康腰椎与病变腰椎之间存在差异,故本研究数据尚无法直接外推至临床。但本研究明确定位为手法基本生物力学特征的模式化研究,旨在收集施术者操作时关键参数,为后续研究(如学员的发力曲线、关节协调性是否接近基本模式)提供基线数据。未来研究将纳入患者群体并同步采集受试者脊柱节段响应及肌电活动,进一步建立“操作参数-生物力学响应-康复疗效”的关联模型,为脊柱康复手法循证实践提供更完整的证据链。

5 结 论

本研究通过多模态生物力学测评技术,系统采集了坐位定点旋腰法的运动学与动力学参数。结果显示,施术者施术主要依赖肘、髌、膝关节的协调屈伸,各关节角度变化连续对称且呈高度正相关,形成完整运动链;力学方面,上肢呈“预加载缓升-旋扳爆发”的双相发力曲线,下肢全程参与且旋扳段上升斜率远高于预加载段,上下肢各阶段力值均呈显著正相关。上述参数初步明确了该手法操作的运动控制模式与安全载荷范围,为脊柱康复手法的规范化培训与操作安全评估提供了量化基线数据。

【附加材料】

附录见: <https://bohao.wsqytec.com/link.html?type=f&id=f164fada10b3447bbcf9a6515994458d>。

请扫描右方二维码获取。



参考文献

- [1] BEYER F, EYSEL P, BREDOW J. The diagnosis and treatment of degenerative changes of the lumbar spine [J]. *Deutsches Ärzteblatt Int*, 2025, 122(9): 249-256.
- [2] 黄知见, 陈锋, 周先明, 等. 腰椎小关节退变的基础研究进展[J]. *中华中医药学刊*, 2018, 36(12): 2943-2946.
HUANG Z J, CHEN F, ZHOU X M, et al. Basic research progress of lumbar joint degeneration [J]. *Chin Arch Tradit Chin Med*, 2018, 36(12): 2943-2946.
- [3] GAMEEVA E V, MIRYUTOVA N F, BADALOV N G, et al. Results of manual therapy in degenerative spine diseases with and without radiculopathy. (Literature review) [J]. *Prob Balneo Physio Exer Therapy*, 2025, 102(4): 47.
- [4] 王和鸣, 王诗忠. 南少林理筋整脊手法图谱[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015: 107-108.
WANG H M, WANG S Z. Atlas of manipulation of tendon-regulating and chiropractic in South Shaolin [M]. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 2015: 107-108.
- [5] 陈长贤, 李铭雄, 李炳钻, 等. 泉州正骨流派学术传承及理论特色[J]. *福建中医药*, 2025, 56(1): 1-3, 10.
CHEN C X, LI M X, LI B Z, et al. Academic inheritance and theoretical characteristics of Quanzhou orthopedic school [J]. *Fujian J Tradit Chin Med*, 2025, 56(1): 1-3, 10.
- [6] 张银行, 刘天泽. 武医正骨探究[J]. *体育科技*, 2024, 45(6): 38-40.
ZHANG Y H, LIU T Z. Orthopedic therapy of martial medicine [J]. *Sport Sci Technol*, 2024, 45(6): 38-40.
- [7] 连晓文, 刘金勇, 王和鸣. 王和鸣教授南少林理筋整脊疗法治疗颈型颈椎病经验[J]. *光明中医*, 2024, 39(20): 4088-4091.
LIAN X W, LIU J Y, WANG H M. Experience of professor Wang heming in the treatment of cervical spondylosis by using the Southern Shaolin chiropractic therapy [J]. *Guangming J Chin Med*, 2024, 39(20): 4088-4091.
- [8] 刘发元, 翁霞萍, 吴超雄, 等. 南少林理筋整脊手法治疗腰椎间盘突出症 89 例临床观察[J]. *风湿病与关节炎*, 2019, 8(10): 28-31.
LIU F Y, WENG X P, WU C X, et al. Clinical observation on 89 cases of lumbar disc herniation treated by manipulation of adjusting tendons and spines of South Shaolin Temple [J]. *Rheumatism Arthritis*, 2019, 8(10): 28-31.
- [9] 许海晨, 黄锦, 李杰, 等. 南少林理筋整脊手法联合四维牵引治疗腰椎小关节紊乱的效果及对腰部功能的影响[J]. *中外医学研究*, 2021, 19(30): 44-47.
XU H C, HUANG J, LI J, et al. Effect of Nanshaolin Tendon regulating and spine regulating manipulation combined with four-dimensional traction in the treatment of lumbar facet joint disorder and its influence on lumbar function [J]. *Chin Foreign Med Res*, 2021, 19(30): 44-47.
- [10] 刘丽, 张厚君, 于睿钦, 等. 基于中医骨伤流派传承现状探析骨伤科发展体系[J]. *中医学报*, 2023, 38(4): 762-765.

- LIU L, ZHANG H J, YU R Q, et al. Development system of orthopedics and traumatology based on inheritance status of TCM orthopedics and traumatology schools [J]. *Acta Chin Med*, 2023, 38(4): 762-765.
- [11] 王少杰, 柏立群. 中医骨伤科学正骨手法教学探索[J]. *现代中医临床*, 2018, 25(1): 42-45.
WANG S J, BAI L Q. Bone-setting manipulation teaching exploration of orthopedics and traumatology of traditional Chinese medicine [J]. *Mod Chin Clin Med*, 2018, 25(1): 42-45.
- [12] 王多多, 张延海, 郭潘靖, 等. 不同腰椎退变程度下两种腰椎推拿斜扳法作用效果的比较研究[J]. *医用生物力学*, 2023, 38(1): 59-64, 76.
WANG D D, ZHANG Y H, GUO P J, et al. The action effect of two kinds of lumbar massage obliquity manipulation with different lumbar degeneration degrees: a comparative study [J]. *J Med Biomech*, 2023, 38(1): 59-64, 76.
- [13] 童美萍, 王辉昊. 中医颈椎整骨手法的生物力学研究进展[J]. *中华中医药杂志*, 2023, 38(3): 1176-1180.
TONG M P, WANG H H. Research progress on biomechanics of Chinese cervical osteopathic manipulation [J]. *China J Tradit Chin Med Pharm*, 2023, 38(3): 1176-1180.
- [14] 赵文龙, 温聪聪, 韩昶晓, 等. 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[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2023, 31(12): 15-18.
ZHAO W L, WEN C C, HAN C X, et al. Biomechanical characteristics of manipulation of lumbar rotation in sitting position for experts and beginners [J]. *Chin J Tradit Med Traumatol Orthop*, 2023, 31(12): 15-18.
- [15] 陈安翔, 刘宇. 运动捕捉技术在传统正骨手法应用中的研究进展[J]. *中医康复*, 2025, 2(3): 9-13.
CHEN A X, LIU Y. Research progress of motion capture technology in the application of traditional osteopathic manipulation [J]. *Tradit Chin Med Rehabil*, 2025, 2(3): 9-13.
- [16] LÓPEZ-OTÍN C, KROEMER G. Hallmarks of health [J]. *Cell*, 2021, 184(7): 1929-1939.
- [17] 童美萍, 王辉昊, 詹红生, 等. 颈椎整骨手法的运动学与动力学研究[J]. *医用生物力学*, 2023, 38(1): 65-70.
TONG M P, WANG H H, ZHAN H S, et al. Kinematic and dynamic study on traditional Chinese cervical manipulation [J]. *J Med Biomech*, 2023, 38(1): 65-70.
- [18] 李远栋, 王平, 李嘉钰, 等. 基于动态捕捉技术定点侧屈旋扳整颈手法在体运动学研究[J]. *辽宁中医杂志*, 2019, 46(12): 2565-2567, 2687.
LI Y D, WANG P, LI J Y, et al. *In vivo* study on quantification of fixed-point lateral flexion-rotational realignment cervical manipulation by 3D motion capture system [J]. *Liaoning J Tradit Chin Med*, 2019, 46(12): 2565-2567, 2687.
- [19] TRIANO J J, ROGERS C M, COMBS S, et al. Quantitative feedback versus standard training for cervical and thoracic manipulation [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2003, 26(3): 131-138.
- [20] 王文昭, 张彦龙, 宋成龙, 等. 不同躯干前倾角度下太极拳马步动作下肢生物力学分析[J]. *当代体育科技*, 2022, 12(9): 31-34.
WANG W Z, ZHANG Y L, SONG C L, et al. Biomechanical analysis of lower limbs of Taijiquan horse-stance movements under different angles of forward tilt of trunk [J]. *Contemp Phys Technol*, 2022, 12(9): 31-34.
- [21] 王和鸣, 李楠, 刘俊宁. 南少林骨伤学术流派溯源及理论特色[J]. *福建中医药*, 2024, 55(9): 1-3.
WANG H M, LI N, LIU J N. Tracing and theoretical characteristics of South Shaolin orthopedics and traumatology school [J]. *Fujian J Tradit Chin Med*, 2024, 55(9): 1-3.
- [22] 漆伟, 彭志财, 杨昆鹏. 巴渝正骨学术流派特点和骨伤疾患证治精要[J]. *实用中医药杂志*, 2025, 41(9): 1898-1900.
QI W, PENG Z C, YANG K P. Characteristics of Bayu orthopedic academic schools and essentials of syndrome differentiation and treatment of bone injury diseases [J]. *J Pract Tradit Chin Med*, 2025, 41(9): 1898-1900.
- [23] 苏少亭, 周红海, 侯召猛, 等. 腰椎定点旋转手法操作中拇指推力的有限元分析[J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28(12): 1823-1828.
SU S T, ZHOU H H, HOU Z M, et al. Finite element analysis of thumb thrust in lumbar fixed-point rotation manipulation [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2024, 28(12): 1823-1828.
- [24] 孙洁, 武冬, 闫民. 中华传统武术拳谱解读的必然价值、实然之境与应然之策[J]. *体育学刊*, 2024, 31(4): 41-46.
SUN J, WU D, YAN M. The inevitable value, realistic situation and appropriate strategy for Quanpu interpretation of Chinese Traditional Wushu [J]. *J Phys Educ*, 2024, 31(4): 41-46.
- [25] 陈雷, 张斌. 传统武术套路动作生物力学特征分析及训练优化策略[J]. *长春师范大学学报*, 2026, 45(2): 84-87, 93.
CHEN L, ZHANG B. Biomechanical characteristics analysis and training optimization strategy of traditional Wushu routine movements [J]. *J Changchun Norm Univ*, 2026, 45(2): 84-87, 93.
- [26] 丘明旺, 孙玫瑶, 吴耿佳, 等. 腰椎立体定位斜扳法与传统腰椎斜扳法对椎间盘及关节突关节软骨影响的有限元分析[J]. *中医正骨*, 2024, 36(1): 14-22.
QIU M W, SUN M Y, WU G J, et al. Effects of lumbar stereotaxic oblique-pulling manipulation versus traditional oblique-pulling manipulation on lumbar intervertebral discs and articular cartilage of lumbar zygapophysial joints: a finite element analysis-based biomechanical study [J]. *J Tradit Chin Orthop Traumatol*, 2024, 36(1): 14-22.
- [27] WANG F, ZHANG J, FENG W, et al. Comparison of human lumbar disc pressure characteristics during simulated spinal manipulation vs. spinal mobilization [J]. *Mol Med Report*, 2018, 40(7): 539-546.
- [28] 符碧峰, 张威, 张超, 等. 基于多维度力学分析坐位腰椎旋扳法生物力学特征及其对椎间盘纵向位移的影响[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2025, 33(7): 78-84, 89.
FU B F, ZHANG W, ZHANG C, et al. Biomechanical characteristics of sitting lumbar rotational manipulation based on multi-dimensional mechanical analysis and its impact on longitudinal

- displacement of intervertebral discs [J]. *Chin J Tradit Med Traumatol Orthop*, 2025, 33(7): 78–84, 89.
- [29] 高夕林, 王明炜, 谭军彦, 等. 坐位腰椎旋扳手法操作中腰椎的骨性耦合运动特征研究[J]. *中医正骨*, 2026, 38(2): 14–22.
- GAO X L, WANG M W, TAN J Y, et al. Study on the characteristics of bony coupled motion of lumbar spine during seated lumbar rotatory manipulation [J]. *J Tradit Chin Orthop Traumatol*, 2026, 38(2): 14–22.
- [30] 夏琼, 陈龙豪, 王凯正, 等. 多学科交叉背景下中医手法治疗腰椎退行性疾病的生物力学研究进展[J]. *中医正骨*, 2025, 37(6): 55–58, 69.
- XIA Q, CHEN L H, WANG K Z, et al. Advances in biomechanical research on traditional Chinese medicine manipulation for treatment of lumbar degenerative disease: an interdisciplinary perspective [J]. *J Tradit Chin Orthop Traumatol*, 2025, 37(6): 55–58, 69.
- [31] 刘巨尧, 范升, 林紫嫣, 等. 基于发力方式探析推拿手法与传统武术的共性特征[J]. *湖南中医杂志*, 2023, 39(9): 111–114.
- LIU J Y, FAN S, LIN Z Y, et al. On the common features of Tuina manipulation and traditional Wushu based on the way of exerting force [J]. *Hunan J Tradit Chin Med*, 2023, 39(9): 111–114.
- [32] 汤周庆, 忻鼎亮, 杨式镜, 等. 测力平台的应用和测试[J]. *体育科研*, 1990, 11(1): 1–6.
- TANG Z Q, XIN D L, YANG S J, et al. Application and test of dynamometer platform [J]. *Phys Sci Res*, 1990, 11(1): 1–6.
- [33] 冯茹, 杨辰, 李翰君, 等. 机器学习在预测人体运动地面反作用力中的应用综述[J]. *数据采集与处理*, 2021, 36(4): 639–647.
- FENG R, YANG C, LI H J, et al. Application of machine-learning in predicting ground reaction force of human motion: a review [J]. *J Data Acquis Process*, 2021, 36(4): 639–647.
- [34] 雷洋, 王光安, 吉云鹏, 等. 基于临床医生自我保护对于临床教学的一些思考[J]. *按摩与康复医学*, 2020, 11(3): 91, 94.
- LEI Y, WANG G A, JI Y P, et al. Some thoughts on clinical teaching based on self-protection of clinicians [J]. *Chin Manip Rehabil Med*, 2020, 11(3): 91, 94.

Key Kinematic and Mechanical Parameters for the Seated Fixed-Point Lumbar Rotational Manipulation

CHEN Guiteng^{1,2,3,4}, CHEN Jiajing^{1,2}, ZENG Weiquan^{1,3}, GUO Jiemei^{1,2}, WANG Heming^{1,2}, WEI Hongxin^{1,3}, LIN Xinyi^{1,2}, LIU Yu^{1,2*}

¹ College of Orthopedics and Traumatology, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, Fujian 350122, China;

² Key Laboratory of Orthopedics and Sports Rehabilitation of Traditional Chinese Medicine, Ministry of Education, Fuzhou, Fujian 350122, China;

³ Fujian Key Laboratory of Rehabilitation Technology, Fuzhou, Fujian 350003, China;

⁴ The Affiliated People's Hospital of Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou Fujian, 350000, China

*Correspondence: LIU Yu, E-mail: 511706630@qq.com

ABSTRACT Objective This study aims to collect and analyze the key kinematic and mechanical parameters during the seated fixed-point lumbar rotational manipulation, establish a basic biomechanical characteristic model for this manipulation, and provide a quantitative basis for its standardized operation and training in the field of spinal rehabilitation. **Methods** From February to July 2024, 10 healthy participants who underwent physical examination at the Physical Examination Department of The Affiliated People's Hospital of Fujian University of Traditional Chinese Medicine were selected. The seated fixed-point lumbar rotation manipulation was performed by senior inheritors of the traditional Chinese tuina. A three-dimensional motion capture system, a pressure-sensitive film force measurement system, and force plates for the lower limbs were synchronously adopted to collect the range of motion of the operator's bilateral major limb joints, as well as the upper limb contact forces and the ground reaction force of the lower limbs. The force variation curves of the operator's upper and lower limbs were plotted and analyzed. Differences in kinematic and mechanical parameters between left-sided and right-sided rotational manipulation were compared, and correlation analysis was conducted. **Results** Kinematics: During the manipulation, the flexion-extension angles of the operator's bilateral elbow, hip, and knee joints varied considerably, with ranges of motion all $>60^\circ$; the ranges of motion of the wrist, shoulder, and ankle joints were relatively small, all $<25^\circ$. When comparing left-sided and right-sided rotational manipulation, there were no statistically significant differences in the range of motion of the elbow, hip, and knee joints on the traction side and the rotational manipulation side ($P>0.05$). Positive correlations were identified among the flexion-extension angles of the elbow, hip, and knee joints ($P<0.05$). Kinetics results: The force curves of the operator's bilateral upper limbs were highly similar, each displaying a small peak (preloading phase with gradual force delivery) and a large peak (rotational manipulation phase with burst force delivery), with generally consistent variation in amplitudes and peak onset points. Preloading phase: the upper limb preloading time $t_{\text{upper preload}} = (442.43 \pm 20.12)$ ms, and the rising slope $K_{\text{upper preload}} = 0.023$ N/ms; rotational manipulation phase: the upper limb rotational manipulation time $t_{\text{upper rotation}} = (102.32 \pm 9.29)$ ms, and the rising slope $K_{\text{upper rotation}} = 0.032$ N/ms. In addition to supporting the operator's own body weight, the lower limbs generated additional exertion force. During the vertebral "locking" process (preloading phase with force accumulation): the lower limb preloading time $t_{\text{lower preload}} = (71.09 \pm 4.34)$ ms, and the rising slope $K_{\text{lower preload}} = 0.179$ N/ms; during the rotational manipulation phase (rotational manipulation with rapid backward and upward force): the lower limb rotational manipulation time $t_{\text{lower rotation}} = (16.27 \pm 1.52)$ ms, and the rising slope $K_{\text{lower rotation}} = 1.076$ N/ms. When comparing left-sided and right-sided rotational manipulation, there were no

(下转第 499 页)