

文章编号:1004-7220(2022)01-0143-05

摇拔戳手法治疗急性外侧踝关节扭伤的运动学量化研究

唐广君¹, 王宝剑¹, 李建国¹, 高春雨^{1*}, 高景华^{1*}, 孙武¹, 李健², 刘广伟³

(1.中国中医科学院望京医院 脊柱二科,北京 100102; 2.北京理工大学 自动化学院,北京 100081;

3.中医正骨技术北京市重点实验室,北京 100102)

摘要:目的 利用运动捕捉技术量化摇拔戳手法治疗急性外侧踝关节扭伤的运动学操作特征,为手法的规范化操作及教学传承提供客观依据。**方法** 由专业医师在 60 例急性外侧踝关节扭伤受试者上进行摇拔戳手法治疗,在手法操作过程中运用运动捕捉系统软件提取有效的运动学指标,分析和总结规律。**结果** 将踝关节摇转 6 周的平均用时为 11.36 s;对踝关节实施拔伸和戳按手法各 1 次,两种手法平均用时为 3.42 s;对踝关节实施拔伸后平均位移为 36.94 mm,戳按后平均位移为 22.44 mm;将踝部拔伸时平均运动角度为 23.27°,戳按时平均运动角度为 22.76°;摇拔戳手法治疗过急性外侧踝关节扭伤,将踝关节摇转时平均线速度为 58.28 mm/s,拔戳时平均线速度为 23.81 mm/s;将踝关节摇转时线加速度为 0.43 mm/s²,拔戳时线加速度为 0.54 mm/s²。**结论** 摇拔戳手法可应用推广于临床,在操作时应遵循“顺势而为、和缓匀速、连续进行”的原则,在遵循踝关节生理特点前提下,缓慢匀速地对扭伤的外侧踝关节连续进行摇拔戳手法治疗。

关键词:摇拔戳手法;运动学分析;运动捕捉;急性外侧踝关节扭伤

中图分类号:R 318.01 文献标志码:A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2022.01.022

Quantitative Study on Kinematics of Ankle Rotating-Traction-Poking Manipulation for Treating Acute Lateral Ankle Sprain

TANG Guangjun¹, WANG Baojian¹, LI Jianguo¹, GAO Chunyu¹, GAO Jinghua¹, SUN Wu¹, LI Jian², LIU Guangwei³

(1. Second Department of Spine, Wangjing Hospital of the Chinese Academy of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100102, China; 2. School of Automation, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 3. Beijing Key Laboratory of Traditional Chinese Orthopedics and Traumatology, Beijing 100102, China)

Abstract: Objective To quantify operation characteristics of the ankle rotating-traction-poking manipulation (RTPM) for treating acute lateral ankle sprain by using motion capture technology, so as to provide objective references for standardized operation of RTPM and its education inheritance. **Methods** A professional physiotherapist performed the RTPM on 60 volunteers with acute lateral ankle sprain. Motion capture system was used to acquire effective kinematic data during the RTPM, so as to make analysis and summarize rules. **Results** The average time of ankle rotating for six circles was 11.36 s and the average time of ankle traction and poking was 3.42 s. The average displacement of ankle traction was 36.94 mm and the average displacement of ankle poking was 22.44 mm. The average angle of ankle traction was 23.27°, and the average angle of ankle poking was 22.76°.

收稿日期:2021-02-20; 修回日期:2021-04-07

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81473694)

通信作者:高景华,主任医师,E-mail: gaojinghua2019@hotmail.com;高春雨,副主任医师,E-mail: gaochunyu8526@sina.com

*为共同通信作者

During the RTPM for treating acute lateral ankle sprain, the average linear velocity of ankle rotating was 58.28 mm/s, and the average linear velocity of ankle traction and poking was 23.81 mm/s. The linear acceleration of ankle rotating was 0.43 mm/s^2 , and the linear acceleration of ankle traction and poking was 0.54 mm/s^2 .

Conclusions The RTPM can be applied in clinical practice. During the RTMP, the principle of gentleness, rhythmicity and continuity should be followed. Under the premise of following physiological characteristics of ankle joint, treatment of the sprained ankle should be carried out with slow and uniform speed continuously.

Key words: rotating-traction-poking manipulation (RTPM); kinematic analysis; motion capture; acute lateral ankle sprain

急性外侧踝关节扭伤是一种常见的运动损伤,若扭伤后治疗不及时或治疗方式不正确,会残留后遗症,并导致慢性踝关节不稳,进而影响患者的生活质量^[1-2]。中医理伤手法是治疗急性外侧踝关节扭伤的主要手段之一。摇拔戳手法是清宫正骨流派手法,经大样本、多中心的临床随机对照试验证实,该手法治疗急性外侧踝关节扭伤的疗效确切且简便易廉,通过摇晃、拔伸以及戳按3个动作起到松解肌肉韧带痉挛、恢复踝关节正常对位的效果,从而有效改善踝部疼痛,减轻踝关节肿胀程度,并加快患肢功能活动的恢复,手法治疗的疗效也优于冰敷加弹力绷带外固定,故可以在临床上广泛推广应用^[3-4]。但目前该手法的传承模式效率较低,主要依靠上级医师口头相授其心得体会,初学者从初始的摸索学习到真正应用于临床治疗的时间较长。虽然对于手法的操作步骤有规范要求,但手法操作仍缺乏客观化、数据化的参考标准,再加上治疗机制研究欠缺等原因,极大地阻碍了手法的传承与发展。本文利用最新的运动捕捉软件采集该手法操作时的运动轨迹,进而对其进行运动学研究分析,将手法的运动学参数量化成具体技术指标,从而为手法的规范化提供参考标准,以供临床医生学习运用和教学推广^[5-9]。

1 材料与方法

1.1 研究对象

2017年6月~2018年6月于中国中医科学院望京医院骨科门诊选取60例外侧踝关节扭伤的患者。患者无手法禁忌症,年龄18~47岁,平均年龄(26.4±4.74)岁,男性45例,女性15例。特邀请全国名老中医药专家孙树椿学术继承人高景华主任医师作为手法操作者。

1.2 诊断标准

根据中华人民共和国中医药行业标准《中医病证诊断疗效标准》(1994年)制定:①踝部有明确的外伤史;②踝关节扭伤后外侧即出现局部疼痛、肿胀,并伴有皮下瘀斑;③踝部外侧压痛明显且活动受限;④X线片检查显示未见骨折、脱位^[10]。

1.3 纳入标准

①明确诊断为急性外侧踝关节扭伤者;②患者无手法禁忌症;③年龄15~60岁;④磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)显示踝关节韧带未完全断裂;⑤签署知情同意书,自愿成为受试者接受治疗。

1.4 排除标准

①患有足踝部畸形,类风湿性关节炎,创伤性骨折、骨质疏松、肿瘤、强直性脊柱炎、结核等;②合并严重内科疾病;③患有精神或神经系统疾病等;④局部有皮肤病或皮肤破损^[11]。

2 实验设备

2.1 运动捕捉系统

6个可移动运动捕捉镜头(410万像素,Prime 13,Optitrack公司,美国)围绕场地、轻质反射球(标志点)、紧身衣、14个固定高速红外光点运动捕捉镜头(130万像素,Prime 13,Optitrack公司,美国)组成一个测量空间,运动捕捉系统的精度为0.1 mm。将固定于测量空间的标志点位置及其相互关系利用运动捕捉系统进行数据采集,设定采集频率为60 Hz,然后把每个标志点产生的运动轨迹进行数据转换,并重建三维图像。

2.2 运动学数据采集软件

Visual 3D 软件、Optitrack eSync 2 同步软件、Motive;Body 1. 10. 1 Final 软件,前者可以计算手法

运动角度,后两者可采集摇拔戳手法操作中任一标志点的运动轨迹并导出。

3 实验方法

3.1 场地校准

前期预实验中已经得出适合的标志点固定方案^[12]。首先,将运动捕捉系统镜头及配套软件开启。然后,在场地地面中央放置L型标定器,进行静态标定。在试验场地中请1位手持T型标定器的试验人员来回走动,该试验人员手中须持续挥动标定器进行动态标定。须经过上述静态与动态标定,校准运动捕捉系统场地的过程方可完成。

3.2 固定标志点

首先,在穿着紧身衣的手法实施者双手上安放标志点,该标志点为特制并可发光,受试患者无需贴点。受试者双手上共需固定6个标志点,分别为右手第1掌指关节桡侧、右手第2掌指关节桡侧、右手第2近侧指间关节桡侧、左手第1掌指关节桡侧、左手第2掌指关节桡侧、左手第2近侧指间关节桡侧(见图1)。固定左右手标志点位置,使其呈对称分布。

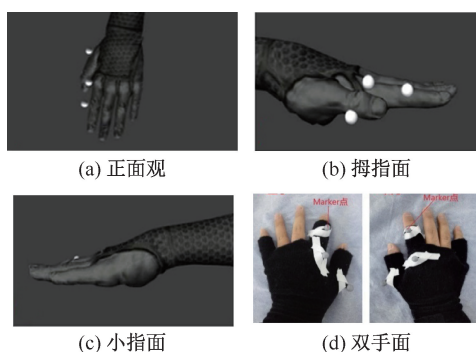


图1 标志点固定方案

Fig.1 Scheme for marker fixation (a) Positive view, (b) Thumb side, (c) Little finger side, (d) Hands face

3.3 数据采集

将1张治疗床放置于试验场地正中,患者取健侧卧位,将伤踝及小腿下1/3伸出床外供操作者实施手法。手法操作者坐于床边面向患踝,确认患者信息后嘱患者放松并做好准备。试验开始前由专业人员检查系统是否正常运行,确认正常后由数据

采集人员发出“开始”口令,患者开始接受摇拔戳手法治疗。手法应保持规范操作,每位患者均需接受3遍手法治疗。摇拔戳一次手法完成后,操作者需发出“结束”口令,接收到口令后数据采集人员立即停止采集。每位患者均需采集3次数据,并将所有测量数据保存。

3.4 试验观察指标

摇法操作时间、拔戳操作时间、拔伸位移、戳按位移、拔伸角度、戳按角度、手法操作的线速度、线加速度。

3.5 摇拔戳手法运动学参数提取方法

3.5.1 时间、位移 运动捕捉系统捕获标志点后,通过 Motive; Body 1. 10. 1 Final 软件形成标志点的运动轨迹曲线(见图2)。图2中,横坐标代表时间(s),纵坐标代表标志点的位置,AB段代表第1次摇转6周过程,CD段为第1次拔伸戳按过程,EF段是第2次摇转6周过程,GH段为第2次拔伸戳按过程。X、Y、Z代表3个方向,X轴(横轴):向左为正;Y轴(纵轴):向上为正;Z轴(矢状轴):向前为正。

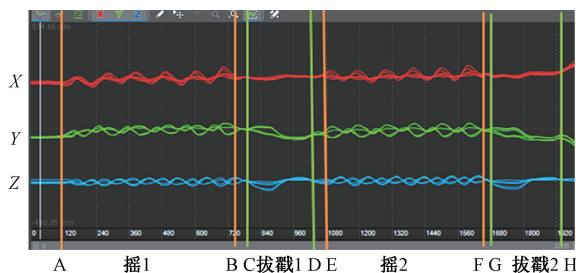


图2 左手拇指标志点运动轨迹曲线

Fig.2 Motion track curve of left thumb marker

根据图2的时间数值,在Excel中计算其时间,计算公式如下:

$$\Delta t = (t_2 - t_1) / 60$$

式中: Δt 代表时间, t_1 、 t_2 分别为动作起止的节点值。采集频率为60 Hz。

同理计算其位移。分别录入X、Y、Z3个方向的位置点,最后计算合位移。计算公式如下:

$$X_{\text{拔伸}} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}$$

$$X_{\text{戳按}} = \sqrt{(X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2 + (Z_3 - Z_1)^2}$$

式中: $X_{\text{拔伸}}$ 、 $X_{\text{戳按}}$ 代表拔伸、戳按的位移; X_1 、 X_2 、 X_3 分别代表拔伸戳按开始、拔伸结束、戳按结束时X方

向的位置节点。

3.5.2 线速度、线加速度 在运动捕捉软件中导出每次手法在体实验中标志点的全部位置节点,结合前后位置点差值,计算出手法操作 X、Y、Z 方向每 1/60 s 的线速度。同理可得出线加速度,进而计算出手法过程中摇法和拔戳操作的合线速度、合线加速度(算法原理同位移)。

3.5.3 时间、角度 从运动捕捉软件中得到手法操作过程中的角度-时间变化曲线(见图 3)。图 3 中,各个曲线的横坐标代表时间(s),纵坐标代表角度($^{\circ}$)。ab 段是第 1 次摇法旋转 6 周过程,ef 段是第 2 次摇法旋转 6 周过程,c、g 所在时间点为第 1、2 次拔伸至最大角度位置,d、h 所在时间点为第 1、2 次戳按至最大角度位置。将拔伸、戳按最大角度手动录入 Excel 工作表中,计算出合角度。计算方法同位移算法。

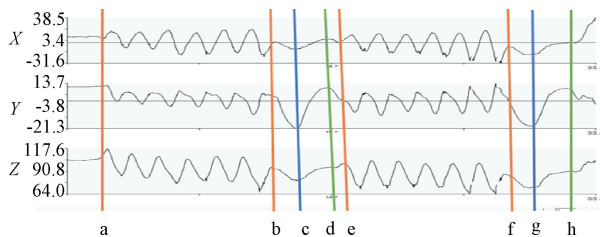


图 3 手法操作过程中左手角度-时间变化曲线

Fig.3 Angle-time curve of the left hand during manual operation

3.6 数据统计方法

将采集数据输入 Excel 工作表,运用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。计量资料采用均数 \pm 标准差表示。

4 试验结果

4.1 操作时间

摇拔戳手法操作过程可分为摇法和拔戳两个阶段。其中,将踝关节摇转 6 周用时为(11.36 \pm 1.37) s,对踝关节实施拔伸和戳按手法各 1 次,两种手法的平均用时为(3.42 \pm 0.69) s。根据手法操作的时间,计算出摇转踝关节 1 周、拔伸和戳按踝部 1 次的平均时间分别为 1.90、3.42 s。

4.2 拔戳位移、角度

将踝关节摇转时的位移及角度变化较快,难以抓住有效的运动轨迹点,故只采集拔伸和戳按时的

位移和角度。其中,将踝部拔伸后位移为(36.94 \pm 11.11) mm,戳按后位移为(22.44 \pm 8.45) mm。将踝部拔伸、戳按时运动角度分别为 23.27 $^{\circ}$ \pm 6.70 $^{\circ}$ 、22.76 $^{\circ}$ \pm 5.94 $^{\circ}$ 。

4.3 线速度

摇法及拔戳两个阶段的线速度可在摇拔戳手法操作过程中分别提取。其中,踝关节摇转时线速度为(58.28 \pm 8.86) mm/s,拔戳时线速度为(23.81 \pm 4.19) mm/s。

4.4 线加速度

摇法及拔戳两个阶段的线加速度可结合摇拔戳手法的操作过程分别提取。其中,踝关节摇转时线加速度为(0.43 \pm 0.03) mm/s²,拔戳时线加速度为(0.54 \pm 0.06) mm/s²。

5 讨论

摇拔戳手法是清宫正骨手法,经临床研究验证后疗效确切,能够起到舒筋理筋、整复错缝的作用,使踝扭伤后“骨错缝、筋出槽”的病理状态转变为“骨正筋柔”的生理状态,可缓解局部疼痛,恢复踝关节功能活动^[13]。手法的操作不仅是在某操作部位施加一定力,更要掌握一定的技巧^[14]。手法操作的基础是手法作用力,手法操作的灵魂则是手法操作技巧。手法操作是一个动态运动的过程,涵盖手法快慢、速度均匀与否、幅度大小等运动特征,这些皆是手法操作在运动学上的表现形式,此技巧直接关系到手法的疗效。因此,需要对手法操作的运动学特征进行量化分析。而现今运动学参数的量化主要依赖运动捕捉镜头记录手法操作的三维空间运动轨迹,结合相配套的三维运动分析软件,对原始数据进行处理分析,从中得出手法的运动规律,进而总结手法的操作技巧^[15]。

本文通过预试验确定适合运动捕捉摇拔戳手法的标志点固定方案,并利用运动捕捉系统建立摇拔戳手法的操作过程仿真模型。在此前期基础上,由具有丰富手法操作经验的高景华主任医师对 60 例患者实施摇拔戳手法,采用望京医院生物力学实验室的运动捕捉系统对摇拔戳手法治疗急性外侧踝关节扭伤的操作过程进行同步运动学数据采集,对关键指标参数进行提取、统计和分析。本文结果表明:

(1) 将踝关节摇转 6 周的平均用时为 11.36 s;

对踝关节实施拔伸和戳按手法各 1 次,两种手法的平均用时为 3.42 s,提示摇拔戳手法操作总体上以和缓为宜。

(2) 对踝关节实施拔伸手法后平均位移为 36.94 mm,戳按后平均位移为 22.44 mm。将踝部拔伸时平均运动角度为 23.27°,戳按时平均运动角度为 22.76°,提示踝关节在拔伸操作下会内翻,戳按操作下会外翻,且拔伸位移及角度皆比戳按位移及角度大。该结果和距下关节影响下足踝内翻比外翻范围大的生理特征相一致,也体现了该手法的拔戳操作要注重“顺势而为”的原则。距下关节是控制踝部内翻及外翻运动的主要关节,不同文献报道的距下关节内外翻运动角度具有差异性。Grimston 等^[16]记录了不同年龄段受试者距下关节主动内外翻角度,结果表明,内翻为 22.6°,外翻为 12.5°。郭世斌^[17]研究认为,距下关节可内翻 10°~15°,外翻 5°~10°。本文测得的踝部运动角度大于相关文献中报道的角度,可能受以下因素影响:本试验测量的摇拔戳手法拔伸、戳按角度,实质上是踝关节及其附属结构的整体运动角度,并非单独距下关节的活动度。此外,本试验的运动角度是在踝部被动运动下测得,而文献中报道的是距下关节主动运动角度。

(3) 摇拔戳手法治疗急性外侧踝关节扭伤,踝关节摇转时平均线速度为 58.28 mm/s,拔戳时平均线速度为 23.81 mm/s。踝关节摇转时线加速度为 0.43 mm/s²,拔戳时线加速度为 0.54 mm/s²,提示摇拔戳手法的操作速度相对均匀和稳定,摇转踝关节的手法操作结束后不能停滞,要立即对踝关节进行拔伸及戳按。摇拔戳 3 种动作之间要衔接紧密且操作要有连续性,时间停顿会影响手法的完整性,且摇转踝关节的操作速度要比拔戳踝关节的操作速度快。有关摇拔戳手法的运动学量化研究鲜有报道,故难以参照比较。本文量化分析摇拔戳手法的运动学参数,可为后续该手法的基础研究及其他相似手法的量化研究提供一定参考。

本研究的局限性如下: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 手法的量化数据类型单一,缺乏力学的数据支撑,应完善力学的相关数据,将运动学和力学数据相结合,分析该手法的生物力学特征,总结出更全面的规范化

标准。③ 缺乏手法操作的影响因素研究,今后要针对摇拔戳手法的影响因素进行相关性分析,主要包括操作者及患者两方面,如操作者的操作习惯、个体特征,患者的身高、体重、足周径、踝周径等。

6 结论

摇拔戳手法治疗急性外侧踝关节扭伤的操作过程中要遵循使踝关节“顺势而为”的原则,要保证踝关节缓慢、匀速地运动,且摇拔戳 3 种操作之间要衔接紧密且具有连续性,摇法的速度要大于拔戳的速度。本研究结果可促进该手法的临床推广和教学传承,亦可为后续摇拔戳手法治疗急性外侧踝关节扭伤机制研究奠定运动学基础。

参考文献:

- [1] DOHERTY C, BLEAKLEY C, DELAHUNT E, et al. Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain: An overview of systematic reviews with meta-analysis [J]. Br J Sports Med, 2017, 51(2): 113-125.
- [2] KNUPP M, LANG TH, ZWICKEY L, et al. Chronic ankle instability (medial and lateral) [J]. Clin Sports Med, 2015, 34(4): 679-688.
- [3] 高春雨, 丁洪磊, 高景华, 等. 摇拔戳手法改善急性外侧踝关节扭伤疼痛及肿胀程度的临床研究 [J]. 北京中医药, 2015, 34(1): 3-6.
- [4] 杨时光, 金合, 宋鹏飞, 等. 摇拔戳手法治疗急性踝关节扭伤的临床观察 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2020, 28(3): 41-43.
- [5] 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.
- [6] 陈洁, 刘堂义. 推拿手法的参数量化研究技术 [C]// 新时代 新思维 新跨越 新发展——2019 中国针灸学会年会暨 40 周年回顾论文集. 武汉: 中国湖北武汉中国针灸学会, 2019: 1.
- [7] SCHMID S, STUDER D, HASLER CC, et al. Quantifying spinal gait kinematics using an enhanced optical motion capture approach in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Gait Posture, 2016, 44(1): 231-237.
- [8] FONG DT, HONG Y, CHAN LK, et al. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports [J]. Sports Med, 2007, 37: 73-94.
- [9] 冯敏山, 高景华, 高春雨, 等. 坐位腰椎旋转手法的运动学研究 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26(7): 16-20.
- [10] 国家中医药管理局. 中医病证诊断疗效标准 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 64-65.