

· 综 述 ·

胸椎掌按法生物力学参数的研究进展

李俊桦¹, 李义凯²

(1. 南方医科大学中医药学院, 广东 广州 510515;

2. 南方医科大学第三附属医院, 广东 广州 510630)

摘 要 随着生物力学测试技术的发展,生物力学参数在中医推拿手法的量化检测和临床应用中得到了广泛应用。胸椎掌按法是临床上常用的一种脊柱推拿手法,但与颈椎和腰椎手法相比,目前针对胸椎掌按法的生物力学参数研究较少。本文从胸椎掌按法不同施力阶段的生物力学参数,胸椎掌按法成功的标志及其与手法生物力学参数之间的关系,施力方向、按法形式、施力部位和应用位置对胸椎掌按法发力的影响,床垫硬度和患者呼吸状态对胸椎掌按法反作用力的影响,胸椎掌按法生物力学参数对推拿后生理学指标的影响 5 个方面,对胸椎掌按法生物力学参数的研究进展进行了综述,以期为该手法的量化研究及应用提供参考。

关键词 推拿;脊柱;胸椎掌按法;生物力学参数;综述

随着生物力学测试技术的发展,生物力学参数被广泛应用于中医推拿手法的科研和临床中。胸椎掌按法是临床常用的一种脊柱推拿手法,主要用于治疗上、中胸椎关节突关节病变^[1-5]。目前,针对胸椎掌按法生物力学参数的研究主要集中在该手法生物力学参数的客观检测^[6-7]和分析该手法生物力学参数与疗效之间的量效关系^[8-10]两个方面。本文对胸椎掌按法生物力学参数的研究进展进行了综述,现总结报告如下。

1 胸椎掌按法不同施力阶段的生物力学参数

同其他整复类手法一样,胸椎掌按法的实施也可以大致分为预载荷、发力和结束 3 个阶段^[11]。胸椎掌按法在不同施力阶段具有不同的特点。预载荷是在发力阶段前几秒施加的初始力,该阶段的目的是将患椎按至其被动活动范围的极限。研究表明,预载荷为推力的 9% ~ 32%,持续时间为 0.5 ~ 5 s^[11]。Forand 等^[12]的研究表明,在上胸段操作时,男性施术者的预载荷为(137 ± 58) N、女性施术者的预载荷为(138 ± 63) N;在下胸段操作时,男性施术者的预载荷为(155 ± 63) N、女性施术者的预载荷为(101 ± 34) N。预载荷的大小还与手法实施的部位有关。研究表明,颈椎手法的预载荷为 1.9 ~ 39 N,俯卧位胸椎手法的预载荷为 23.8 ~ 310 N^[11]。但目前尚无腰椎手法预

载荷数据的报道。

在胸椎掌按法的发力阶段,最常见的发力形式是高速(持续时间 < 150 ms)、低振幅(节段平移 < 2 mm, 旋转 < 4°, 载荷 220 ~ 889 N)的脉冲推力。载荷的大小和持续时间是目前被研究最多的手法生物力学参数,二者在不同施术者或患者之间可能存在差异。Descarreaux 等^[13]在一项研究中比较了专家和医学生实施手法时的生物力学参数,结果显示专家和医学生实施手法的载荷峰值的差异有统计学意义,而达峰时间的差异则无统计学意义。Forand 等^[12]的研究显示,不同性别施术者实施胸椎掌按法时的载荷峰值和达峰时间的差异均无统计学意义。目前针对手法结束阶段生物力学参数及其对机体影响的研究较少。

2 胸椎掌按法成功的标志及其与手法生物力学参数之间的关系

一般认为,胸椎掌按法成功的标志是可闻及关节弹响声。学术界对关节弹响声的研究由来已久^[14-15]。1947 年, Roston 等^[16]提出了一种理论,认为关节面的迅速分离可能是关节弹响声产生的原因。1971 年, Unsworth 等^[17]基于“空化现象”提出了另一种观点,认为关节腔滑液中释放的气泡崩塌才是产生关节弹响声的原因。2015 年, Kawchuk 等^[18]对掌指关节进行了实时磁共振成像研究,他们在研究中并未观察到气泡崩塌现象,而且气泡始终持续存在于关节滑液中,因此他们提出“摩擦成核”作用可能是关节弹响声产生的原因。2018 年,一项基于数学模型的研究发现,只需要气泡部分崩塌就可以产生可闻及的弹

基金项目:国家自然科学基金项目(82274669);深圳市“医疗卫生三名工程”项目(SZZYSM202108013);南方医科大学第三附属医院院长基金项目(YP202210)

通讯作者:李义凯 E-mail:ortho@smu.edu.cn

响声,这意味着气泡在关节弹响后可以持续存在^[19]。然而,上述研究都是基于掌指关节进行的,尚不清楚是否可以直接将其用于解释胸椎掌按法产生关节弹响声的原因。

目前,胸椎掌按法所致关节弹响声与该手法生物力学参数之间的定量关系备受关注^[20]。查和萍等^[21]的研究发现,关节弹响声与胸椎掌按法按压力的大小无直接关系。Williams 等^[22]的研究表明,关节弹响声的发生频率与手法冲击时的加速度呈正相关。范志勇等^[23]探讨了手法整复胸椎关节突关节错缝所致弹响声与即时镇痛疗效之间的关系,发现弹响声与即时镇痛疗效无关,但与棘突错动感密切相关。虽然目前推拿领域约定俗成地将关节弹响声视为胸椎掌按法成功的标志,但其可靠性和具体机制还有待进一步研究。

3 施力方向、按法形式、施力部位和应用位置对胸椎掌按法发力的影响

根据施力方向,胸椎掌按法可以分为从后向前 (posterior to anterior, P-A) 的手法 and 从前向后 (anterior to posterior, A-P) 的手法^[24]。Joo 等^[25]对 2 种胸椎掌按法传递载荷的大小和方向进行了三维分析,结果显示:在 P-A 手法中,被测量的 T_3 、 T_7 、 T_{12} 节段上的载荷在 x 轴上没有差异,在 y 轴上存在明显差异,而在 z 轴上, T_3 和 T_{12} 之间、 T_7 和 T_{12} 之间预载荷最大值、最小值及载荷峰值存在明显差异,并且 T_7 和 T_{12} 之间的峰值基力也存在明显差异;在 A-P 手法中,在不同轴上测得的 T_3 、 T_7 、 T_{12} 节段上的载荷也存在明显差异。

根据施术者使用单掌或双掌按压,胸椎掌按法可分为单掌按法、双掌按法和双掌叠按法^[26-27];根据施术者的施力部位,胸椎掌按法也可分为掌心(全掌)按法、掌根按法、豌豆骨按法和(大、小)鱼际按法^[26]。施力部位不同会导致施术者与患者皮肤接触面积不同,从而影响手法施力。张晓刚^[28]对拇指指端按法、拇指指腹按法、单掌按法、双掌叠按法和按揉法进行了比较,结果显示双掌叠按法和按揉法的最大压强标准差最小、指腹按法的最大压强标准差最大;在胸椎使用双掌叠按法时,施术者使用豌豆骨按压产生的作用力大于使用大鱼际、小鱼际和掌根处按压产生的作用力;就舒适度而言,施术者使用大鱼际按压的舒适度最高,其次是小鱼际,使用豌豆骨按压的舒适度相对较差。胸椎掌按法的应用位置包括棘突和棘突旁,手法应用位置不同可能会影响施力效果,但目前尚无

相关的量化研究。

4 床垫硬度和患者呼吸状态对胸椎掌按法反作用力的影响

Heneghan 等^[29]分析了 1013 篇有关脊柱推拿手法的文献,共有 19 篇文献报道了 21 例胸部不良事件,其中包括 13 例脊髓组织损伤、3 例气胸或血胸、3 例骨折、1 例食管破裂、1 例胸主动脉破裂、1 例胰腺部分破裂。考虑到心肺复苏胸外按压所造成的肋骨和胸骨骨折也很常见。我们认为这些不良事件很可能是由于手法的作用力或反作用力过大所致。那么,影响胸椎掌按法反作用力的因素有哪些呢?

目前关于推拿手法反作用力的研究相对较少^[30]。在施术者施力过程中,床垫厚度和床垫表面的附属物性质等可影响施术者对患者躯干刚度的感知,进而影响发力。因此,床垫的硬度很可能会对胸椎掌按法的施力产生影响,但目前尚无定量的研究报告。患者的呼吸状态也会对胸椎掌按法的实施造成影响。手法操作时患者的呼吸状态一般可分为深呼吸呼气末、深呼吸吸气末和平静呼吸 3 种。呼气 and 吸气会导致胸廓周径发生变化,从而影响胸廓刚度。吸气末,胸廓刚度下降,弹性增加,呼气末则相反。因此,在深呼吸呼气末和吸气末,胸廓的刚度分别达到最大和最小值,这必然会对胸椎掌按法的按压力产生影响。刘小红等^[31]研究了呼吸对胸椎掌按法施力的影响,结果显示深呼吸呼气末的按压力明显大于吸气末。

5 胸椎掌按法生物力学参数对推拿后生理学指标的影响

目前尚无探讨胸椎掌按法预载荷对推拿后生理学指标影响的研究,但手法发力阶段的相关研究较多,其中以针对动物的研究为主,临床试验较少^[5,32]。相关的临床试验中,最常被检测的生理学指标包括压痛阈值、椎体位移和肌肉振幅反应^[33]。目前尚无证据表明在脊柱推拿过程中调整载荷的大小和持续时间能够改变压痛阈值^[34-35]。Pagé 等^[36]评估了推力持续时间对健康成年人胸椎旁肌的影响,结果显示缩短推力脉冲的持续时间,肌电反应呈线性增加,但不同持续时间对椎体位移的影响较小。Nougarou 等^[8]评估了脊柱推拿手法的施力速度对健康受试者神经肌肉反应和椎体位移的影响,发现脊柱推拿后神经肌肉反应受施力速度的影响较大,而椎体位移则受推力

大小的影响较大。总之,胸椎掌按法施力阶段的生物力学参数能够明显影响脊柱推拿期间的短暂生理反应^[9,37-38]。在一定阈值内,较高的载荷峰值和较短的持续时间会导致椎体位移、肌梭活性、肌电反应和神经元活动发生改变,但具体如何变化目前尚不完全明确^[11]。对于胸椎掌按法结束阶段的生物力学参数及其对机体的影响,目前相关的研究报道较少。

6 小 结

手法操作的量化和客观化研究一直是推拿基础研究领域的重点和难点。这些问题在胸椎掌按法的研究和应用中表现得尤为突出,主要表现在以下几个方面:首先,在胸椎掌按法的力学参数量化方面,尚不清楚其载荷峰值受哪些因素的影响;第二,大多数施术者将关节弹响声视为该手法成功的标志,但关节弹响声与力学参数之间的定量关系及其发生机制尚需进一步阐明;第三,目前缺乏关于胸椎掌按法反作用力数值及其与床垫硬度、患者呼吸状态之间定量关系的研究;第四,按法形式、施力部位、应用位置和患者呼吸状态等因素对胸椎掌按法施力的影响也未明确;第五,在手法生物力学参数与推拿后生理学指标的量效关系方面,基于动物模型的研究可能无法完全反映人体的生理学变化和临床疗效,实验中使用力学装置施加推力也不能完全模拟施术者应用手法治疗的真实情况;第六,临床试验中招募的受试者多为年轻人,仍缺乏针对年长或骨质疏松症患者的手法生物力学参数研究。

总之,尽管目前对胸椎掌按法生物力学参数的研究已经取得了一些进展,但仍存在许多问题。因此,今后有必要对胸椎掌按法生物力学参数进行更深入的研究,以获得科学的实验数据,从而更准确地阐述其作用机制。

参考文献

- [1] 李义凯,蒋松鹤.推拿学[M].2版.北京:科学出版社,2017:77.
- [2] SUEKI D,ALMARIA S,BENDER M,et al. The immediate and 1-week effects of mid-thoracic thrust manipulation on lower extremity passive range of motion[J]. Physiother Theory Pract,2020,36(6):720-730.
- [3] ERDEM E U,ÜNVER B,AKBAS E,et al. Immediate effects of thoracic manipulation on cervical joint position sense in individuals with mechanical neck pain:a randomized controlled trial[J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2021, 34(5):735-743.
- [4] YOUNG I A,POZZI F,DUNNING J,et al. Immediate and short-term effects of thoracic spine manipulation in patients with cervical radiculopathy:a randomized controlled trial[J]. J Orthop Sports Phys Ther,2019,49(5):299-309.
- [5] PAGÉ I,DESCARREAUX M. Effects of spinal manipulative therapy biomechanical parameters on clinical and biomechanical outcomes of participants with chronic thoracic pain:a randomized controlled experimental trial[J]. BMC Musculoskelet Disord,2019,20(1):29.
- [6] PASQUIER M,CHÉRON C,BARBIER G,et al. Learning spinal manipulation:objective and subjective assessment of performance[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2020, 43(3):189-196.
- [7] PASSMORE S R,GELLEY G M,MALONE Q,et al. Tactile perception of pressure and volitional thrust intensity modulate spinal manipulation dose characteristics[J]. J Manipulative Physiol Ther,2019,42(5):335-342.
- [8] NOUGAROU F,PAGÉ I,LORANGER M,et al. Neuromechanical response to spinal manipulation therapy:effects of a constant rate of force application[J]. BMC Complement Altern Med,2016,16:161.
- [9] PASQUIER M,DANEAU C,MARCHAND A A,et al. Spinal manipulation frequency and dosage effects on clinical and physiological outcomes:a scoping review[J]. Chiropr Man Therap,2019,27:23.
- [10] GORRELL L M,CONWAY P J,HERZOG W. Differences in force-time parameters and electromyographic characteristics of two high-velocity,low-amplitude spinal manipulations following one another in quick succession[J]. Chiropr Man Therap,2020,28(1):67.
- [11] GYER G,MICHAEL J,INKLEBARGER J,et al. Effects of biomechanical parameters of spinal manipulation:a critical literature review[J]. J Integr Med,2022,20(1):4-12.
- [12] FORAND D,DROVER J,SULEMAN Z,et al. The forces applied by female and male chiropractors during thoracic spinal manipulation[J]. J Manipulative Physiol Ther,2004, 27(1):49-56.
- [13] DESCARREAUX M,DUGAS C. Learning spinal manipulation skills:assessment of biomechanical parameters in a 5-year longitudinal study[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2010,33(3):226-230.
- [14] 陈华阁,王为民.关节弹响与推拿所致“咔哒”声响的研究进展[J].按摩与康复医学,2020,11(6):16-18.
- [15] BERGAMINO M,VONGHER A,MOURAD F,et al. Patient

- Concerns and beliefs related to audible popping sound and the effectiveness of manipulation: findings from an online survey [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2022, 45 (2): 144 – 152.
- [16] ROSTON J B, HAINES R W. Cracking in the metacarpophalangeal joint [J]. *J Anat*, 1947, 81 (Pt 2): 165 – 173.
- [17] UNSWORTH A, DOWSON D, WRIGHT V. ‘Cracking joints’. A bioengineering study of cavitation in the metacarpophalangeal joint [J]. *Ann Rheum Dis*, 1971, 30 (4): 348 – 358.
- [18] KAWCHUK G N, FRYER J, JAREMKO J L, et al. Real-time visualization of joint cavitation [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (4): e0119470.
- [19] CHANDRAN SUJA V, BARAKAT A I. A mathematical model for the sounds produced by knuckle cracking [J]. *Sci Rep*, 2018, 8 (1): 4600.
- [20] MOORMAN A C, NEWELL D. Impact of audible pops associated with spinal manipulation on perceived pain: a systematic review [J]. *Chiropr Man Therap*, 2022, 30 (1): 42.
- [21] 查和萍, 范志勇, 张瑞芳, 等. 胸椎掌按法所致“咔哒”声响与最大按压力的量效关系 [J]. *中国康复医学杂志*, 2009, 24 (2): 126 – 128.
- [22] WILLIAMS J M, CUESTA-VARGAS A. Quantification of prone thoracic manipulation using inertial sensor-derived accelerations [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2014, 37 (4): 230 – 235.
- [23] 范志勇, 查和萍, 李义凯, 等. 手法治疗胸椎小关节错缝所致咔哒声响与即时镇痛疗效的相关性研究 [J]. *中国骨伤*, 2011, 24 (1): 21 – 24.
- [24] 于天源. 按摩推拿学 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015: 121 – 122.
- [25] JOO S, KIM J, LEE Y, et al. The biomechanical analysis of magnitude and direction of force by different techniques of thoracic spinal manipulation [J/OL]. *Biomed Res Int*, 2020 [2023-03-01]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7399734/pdf/BMRI2020-8928071.pdf>.
- [26] 李鸿江. 推拿按摩手法图表解 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2019: 12 – 15.
- [27] 李易真, 于天源, 吕桃桃, 等. 按法在历版推拿教材中的演变分析 [J]. *中医药导报*, 2018, 24 (14): 57 – 59.
- [28] 张晓刚. 胸椎掌按法的影响因素及力学分析 [D]. 广州: 第一军医大学, 2006.
- [29] HENEGHAN N R, PUP C, KOULIDIS K, et al. Thoracic adverse events following spinal manipulative therapy: a systematic review and narrative synthesis [J]. *J Man Manip Ther*, 2020, 28 (5): 275 – 286.
- [30] BEYER B, MICHAUD A, OLIVER T, et al. Investigation of reaction force magnitude and orientation during supine thoracic thrust manipulation applied to intervertebral and costovertebral regions [J]. *Musculoskelet Sci Pract*, 2020, 49: 102217.
- [31] 刘小红, 叶淦湖, 李义凯, 等. 呼吸对胸椎掌按压法施力的影响 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2005, 13 (4): 20 – 22.
- [32] GORRELL L M, CONWAY P J, ONASCH F, et al. Electromyographic responses of neck, back, and limb outlet muscles associated with high-velocity, low-amplitude manual cervical and upper thoracic spinal manipulation of individuals with mild neck disability: a descriptive observational investigation [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2022, 45 (1): 33 – 44.
- [33] PAGÉ I, BINERÉ, DESCARREAU M. Vertebral Displacements and muscle activity during manual therapy: distinct behaviors between spinal manipulation and mobilization [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2018, 41 (9): 753 – 761.
- [34] PASQUIER M, YOUNG J J, LARDON A, et al. Factors associated with clinical responses to spinal manipulation in patients with non-specific thoracic back pain: a prospective cohort study [J]. *Front Pain Res (Lausanne)*, 2021, 2: 742119.
- [35] HONORÉ M, PICCHIOTTINO M, WEDDERKOPP N, et al. What is the effect of spinal manipulation on the pressure pain threshold in young, asymptomatic subjects? A randomized placebo-controlled trial, with a cross-over design [J]. *Chiropr Man Therap*, 2020, 28 (1): 6.
- [36] PAGÉ I, NOUGAROU F, DUGAS C, et al. The effect of spinal manipulation impulse duration on spine neuromechanical responses [J]. *J Can Chiropr Assoc*, 2014, 58 (2): 141 – 148.
- [37] DUARTE F, FUNABASHI M, STARMER D, et al. Effects of distinct force magnitude of spinal manipulative therapy on blood biomarkers of inflammation: a proof of principle study in healthy young adults [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2022, 45 (1): 20 – 32.
- [38] KOVANUR SAMPATH K, MANI R, KATARE R, et al. Thoracic spinal manipulation effect on neuroendocrine response in people with achilles tendinopathy: a randomized crossover trial [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2021, 44 (5): 420 – 431.

(收稿日期: 2023-03-24 本文编辑: 李晓乐)