

一种用于三角纤维软骨复合体损伤后固定的新型低温热塑肘腕手矫形器的研发与初步效果测试

关云飞^a, 张勇^a, 郑倩^a, 谢凌锋^a, 张滋洋^b, 康皓^b, 刘广武^b

【摘要】 目的:开发一种用于三角纤维软骨复合体损伤后固定的新型低温热塑肘腕手矫形器(LTTEWHO),并评估其对前臂和肘关节活动的影响。**方法:**结合石膏固定和 Sugartong 矫形器的特点,开发新型 LTTEWHO,并招募 8 名健康受试者依次进行石膏固定、Sugartong 矫形器佩戴和新型 LTTEWHO 的穿戴评测。采集所有受试者未佩戴矫形器时的前臂旋前旋后和肘关节屈伸主动关节活动范围(AROM)作为基线信息,并分别测量 3 种不同固定方式下受试者前臂最大旋前旋后 AROM、感受到阻力时的关节活动范围(ROM)以及感受阻力时肘关节屈伸 AROM。**结果:**前臂最大旋前 AROM 比例比较,Sugartong 石膏和 LTTEWHO 均小于 Sugartong 矫形器;阻力点旋前 AROM 比例比较,Sugartong 石膏和 LTTEWHO 均小于 Sugartong 矫形器($P<0.05, 0.01$);旋后 AROM 比例比较,3 种固定方式依次为 Sugartong 石膏<LTTEWHO<Sugartong 矫形器($P<0.05, 0.01$);阻力点旋后 AROM 比例比较,Sugartong 石膏明显>Sugartong 矫形器($P<0.01$)。Sugartong 石膏和 Sugartong 矫形器固定方式的阻力点屈伸 AROM 比例均>LTTEWHO($P<0.01$)。**结论:**本研究设计的新型 LTTEWHO 能够起到较好地限制前臂旋前旋后的作用,其固定效率较目前的 Sugartong 矫形器更优。

【关键词】 矫形器;三角纤维软骨复合体损伤;手功能康复

【中图分类号】 R49;R493 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2022.11.013

三角纤维软骨复合体(triangular fibrocartilage complex, TFCC)是位于腕关节尺侧的一个解剖实体^[1-2],对维持腕关节尺侧稳定和远端桡尺关节稳定十分重要^[3-4]。TFCC 损伤非常常见,有研究显示,腕部有症状的患者中 TFCC 异常率约为 39%~70%^[5],常发生在各种前臂骨折、运动损伤和关节退变后,典型症状为腕关节尺侧痛和腕关节活动受限,前臂旋转时疼痛加剧,且可伴有握力减退、关节弹响^[6],严重影响生活质量。临床在传统上,使用长臂石膏固定是针对各种程度 TFCC 损伤的通用处置方式^[7-10]。由于石膏固定舒适性差,影响日常活动和美观等原因,越来越多的医生和患者倾向于使用个性化低温板材矫形器进行固定。基于 Sugartong 石膏开发出来的 Sugartong 矫形器方便穿戴、轻薄透气^[11],逐渐部分替代了以往的石膏固定,成为骨科医生和患者的首选。然而,Sugartong 矫形器长期持续固定易导致肘关节僵硬,且后期治疗中需重新定制一个腕手矫形器

(Wrist hand orthosis, WHO)进行替换,一定程度上增加了患者的就医费用。我团队综合借鉴了 Muenster 矫形器^[11]、Sugartong 矫形器以及传统石膏和肘腕手矫形器(elbow wrist hand orthosis, EWHO),设计出一款新型的、可灵活调整的新型低温热塑肘腕手矫形器(Low temperature thermoplastic elbow wrist hand orthosis, LTTEWHO),用于 TFCC 损伤的保守治疗和术后固定。其不仅能较好地固定前臂,而且可以一次制作成型、灵活切割调整和维持一定的肘关节屈伸范围。因此本研究将同时对比传统 Sugartong 石膏、Sugartong 矫形器以及新型 LTTEWHO 中立位状态下对前臂和肘关节的固定效果,并重点介绍该新型 LTTEWHO 的功能特点。

1 资料与方法

1.1 一般资料 自 2022 年 1 月~2022 年 3 月,我团队以海报形式招募志愿者,要求既往身体健康,近 6 个月内无上肢外伤,双上肢前臂旋转平滑、对称,无明显异常。研究共计招募受试者 8 名,其中男性和女性各 4 名,平均年龄(27.38 ± 6.98)岁,平均体重(64.13 ± 11.16)kg,平均身高(166.25 ± 6.55)cm。8 名受试者

收稿日期:2022-04-26

作者单位:华中科技大学同济医学院附属同济医院 a. 康复医学科;b. 骨科,武汉 430030

作者简介:关云飞(1991-),男,技师,主要从事骨科康复方面的研究。

通讯作者:刘广武, brendanjiu@163.com

均为右利手,平均握力水平(29.38 ± 7.79) kg。以掷硬币方式随机选定受试者的一侧前臂作为测试对象。最终5名受试者右手和3名受试者左手获得测试,前臂平均旋前角度 $79.50 \pm 12.63^\circ$,平均旋后角度 $100.00 \pm 9.86^\circ$,肘关节伸展 $-9.50 \pm 6.30^\circ$,肘关节屈曲 $142.38 \pm 5.83^\circ$ 。

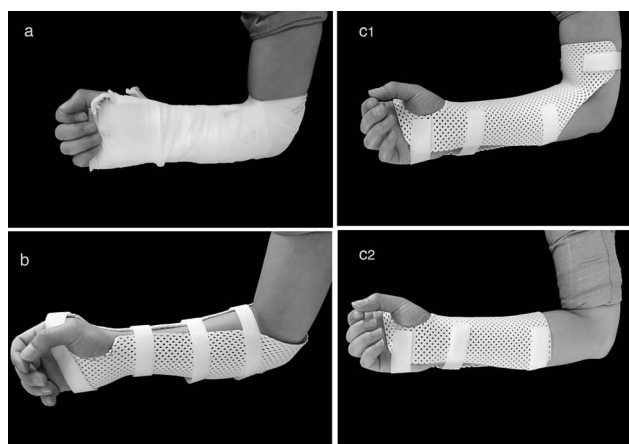
1.2 方法 所有受试者分别接受3种处置方式,包括 Sugartong 石膏固定、Sugartong 矫形器固定和 LTTEWHO 固定。在首次处置前完成前臂旋转和肘关节屈伸的主动关节活动范围(Active range of motion, AROM)基线采集。

1.2.1 Sugartong 石膏固定 受试者舒适坐位,肩关节外展约 30° 使上肢离开躯干便于操作。嘱其肘关节屈曲 90° 并保持,前臂旋转中立位,腕关节轻微背伸 $10 \sim 20^\circ$,手指微屈。医用外固定石膏(F430, $10.2\text{cm} \times 76\text{cm}$)充分浸湿后挤干多余水分,将一端置于掌横纹,另一端绕过肱骨远端内外侧髁后折向前臂至掌指关节,多余部分向后折叠,使用绷带覆盖缠绕以固定石膏。操作者在石膏完全硬化前,根据受试者手臂特点,适当挤压受试者腕关节掌侧及背侧、手大鱼际及虎口区进一步塑形。要求在不影响掌指关节及拇指活动的同时,确保腕关节可靠固定。适当托举,保持该状态直至石膏完全硬化成型。如图1a所示。

1.2.2 Sugartong 矫形器 受试者准备体位与石膏固定要求相同。首先初步裁剪一张矩形3.2mm厚低温热塑板材(KS-3219A),要求其长宽尺寸分别对应受试者第五掌指关节至尺骨鹰嘴距离的2倍和前臂中段围长的1/2。使用恒温水浴箱加热软化后,取出板材,将其一端置于受试者掌横纹处,另一端绕过肱骨远端内外侧髁后折向前臂至掌指关节,在虎口和肘横纹处挤压两侧板材使其粘合,避免板材移位。操作者徒手挤压塑形,确保板材与前臂贴合紧密,同时使用弹性绷带缠绕包裹全段直至板材完全硬化。初步塑形完成后,取下绷带和矫形器进一步修剪。沿大鱼际修出掌部剪切线,确保不影响拇指和掌指关节活动。同时,保留腕关节尺/桡侧板材边缘间距约1cm,使用4对2.5cm宽度魔术贴分别在掌部、腕关节、前臂中段和近肘横纹处固定矫形器。如图1b所示。

1.2.3 LTTEWHO 固定 受试者体位与塑形材料同上。首先制备合适的矩形板材,其长度为受试者肘关节伸直时掌指关节至上臂下1/3的长度,宽度为前臂中段围长。在距离板材一侧末端1cm、距中线约2cm处开一个直径约2cm的拇指孔进行加热软化。将加热软化后的板材置于受试者前臂,使其拇指穿过拇指孔。操作者使用裁剪工具在其肘横纹两侧分别剪

出5cm左右的切口。将肘上部分板材轻微牵拉粘合后,徒手塑形前臂部分确保局部贴合,使用弹性绷带缠绕定型直至完全硬化。定型后,取下绷带和夹板,远端沿掌横纹修剪剪切线,使其对掌指关节活动无影响。保持腕关节尺侧边缘线间距约1cm,边缘修整平滑并过渡至上臂,肘上部分塑形包绕上臂前侧。使用4对2.5cm宽度的魔术贴分别在掌部、腕关节、前臂中段和上臂处固定矫形器。区别于 Sugartong 矫形器的固定方式,LTTEWHO 可灵活切割调整为 WHO,从而解除对肘关节活动的限制。如图1所示,可通过简单切割将 LTTEWHO(图1c1)修改为一个有效的 WHO(图1c2)。



a 为 Sugartong 石膏, b 为 Sugartong 矫形器, c1 为 LTTEWHO, c2 为 LTTEWHO 经二次切割后的 WHO

图1 Sugartong 石膏, Sugartong 矫形器和 LTTEWHO 首次塑形佩戴及切割为 WHO 示意图

1.3 评定标准 指标测量由一名未参与研究设计且不知晓实验目的具有丰富康复评定经验的治疗师完成,所有结果均按照标准操作规范测量3次,取平均值。使用通用量角器测量以下3个指标:①未佩戴矫形器时前臂的旋前旋后 AROM;受试者处于舒适稳定坐位下,使用5cm宽约束带固定受试者上臂使其紧贴胸壁,避免肩关节外展及前屈。嘱受试者屈肘 90° 位保持,取前臂旋转中立位作为测量起始位置。使用垂直固定于墙面的通用标注量角器对前臂的旋前旋后进行测试,要求受试者紧握旋转指针根部,确保旋转轴与前臂长轴一致并通过量角器轴心与墙面垂直;②未佩戴矫形器时肘关节屈伸 AROM;③3种矫形器固定下前臂最大旋前旋后 AROM 和感到阻力抵抗时旋前旋后 AROM;④3种矫形器固定状态下的肘关节屈伸 AROM,肘关节屈曲与伸展的数据合并为肘屈伸总 ROM 来记录。所有指标均除以个体的基线活动范围,采用百分比的形式表示。

1.4 统计学方法 使用 SPSS 23.0 统计学软件分

析。计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,经方差齐性检验后,使用单因素方差分析和 LSD 事后比较对 3 种不同介入方案的对应指标进行统计学差异检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 种固定方式对前臂旋转的影响 前臂旋前旋后所有指标在 3 种矫形器之间比较差异均有统计学意义($P < 0.05, 0.01$),两两比较显示:前臂最大旋前 AROM 比例比较,Sugartong 石膏和 LTTEWHO 比较差异无统计学意义,但均小于 Sugartong 矫形器($P < 0.05$);阻力点旋前 AROM 比例比较,Sugartong 石膏和 LTTEWHO 差异无统计学意义,但均小于 Sugartong 矫形器($P < 0.05, 0.01$);旋后 AROM 比例比较,3 种固定方式依次为 Sugartong 石膏 $<$ LTTEWHO $<$ Sugartong 矫形器,且两两比较均有统计学差异($P < 0.05, 0.01$);阻力点旋后 AROM 比例比较,Sugartong 石膏明显大于 Sugartong 矫形器($P < 0.01$),但 Sugartong 石膏与 LTTEWHO 或 LTTEWHO 与 Sugartong 矫形器间差异均无统计学意义。见表 1。

2.2 3 种固定方式对肘关节活动的影响 阻力点屈伸 AROM 比例比较,3 种固定方式之间差异均有统计学意义($P < 0.01$)。其中,Sugartong 石膏和 Sugartong 矫形器固定方式的阻力点屈伸 AROM 比例均大于 LTTEWHO($P < 0.01$),但 Sugartong 石膏和 Sugartong 矫形器两者间比较差异无统计学意义。见表 1。

3 讨论

虽然手术治疗 TFCC 损伤效果一般较好,可明显改善腕关节功能,减轻疼痛^[12-13],但外科医生建议在

手术干预前至少需进行 3 ~ 6 个月的保守治疗^[14]。而石膏或矫形器固定是保守治疗的主要方法。临床上一般在 4 ~ 6 周拆除固定后再结合康复训练进行保守治疗。因此,个性化低温热塑矫形器几乎成为此类患者的标配。

本研究中,Sugartong 石膏固定的阻力点旋前 AROM 比例和旋后 AROM 比例分别为 15.82% 和 9.49%,Sugartong 矫形器分别为 23.66% 和 20.34%,即两者在中立位状态下均不能达到完全锁定前臂旋转的作用,这与 Slaughter 等^[11]的研究结果基本一致,由于这两种固定方式在临床上的广泛应用且效果良好,说明在无疼痛范围内维持适度低幅度关节活动可能并无害处,反而能够促进局部的软骨修复和血管再生。有文献指出,关节软骨的营养来自于滑膜液,关节活动可以促进滑膜液向关节软骨的浸润和扩散,加速软骨细胞的新陈代谢,改善软骨组织的再生和功能活动,同时消除局部水肿,加速自身修复,促进软骨转化并减轻疼痛^[15-18]。TFCC 外周血供较少,仅 10% ~ 40% 的区域存在血液供应,其结构类似于半月板,营养物质来自于关节滑液^[13, 19],小范围的无痛活动或许对 TFCC 损伤愈合具有潜在的好处。本研究中所测量的阻力点旋转的范围即为可控低幅度活动范围,LTTEWHO 阻力点 AROM 比例(15.39%, 15.34%)和 AROM 比例(32.87%, 28.69%)均介于 Sugartong 石膏固定和 Sugartong 矫形器之间,确保固定安全性的同时,又可维持适度的关节活动,这种固定设计切合实际应用,即能促进 TFCC 局部损伤修复,又能避免二次损伤,同时也能有效预防长期固定后的关节僵硬。

我们设计的 LTTEWHO 在 TFCC 损伤的治疗中具有显著优势。首先,其使用了低温热塑性板材,可一次成型,穿戴方便。其次,关节镜检查被公认为 TFCC 损伤诊断的金标准^[10],但是关节镜检查是有创检查,

表 1 3 种固定方式对前臂旋转及肘关节活动的限制效果对比

%, $\bar{x} \pm s$

固定方式	前臂				肘关节
	旋前 AROM 比例	阻力点旋前 AROM 比例	旋后 AROM 比例	阻力点旋后 AROM 比例	阻力点屈伸 AROM 比例
Sugartong 石膏	32.79 $\pm$ 8.45	15.82 $\pm$ 4.41	18.99 $\pm$ 6.94	9.49 $\pm$ 5.51	43.30 $\pm$ 5.80
Sugartong 矫形器	44.85 $\pm$ 11.78	23.66 $\pm$ 7.24	39.84 $\pm$ 9.97	20.34 $\pm$ 7.10	39.64 $\pm$ 8.04
LTTEWHO	32.87 $\pm$ 7.24	15.39 $\pm$ 4.85	28.69 $\pm$ 4.58	15.34 $\pm$ 4.15	27.54 $\pm$ 7.17
F 值/P 值 3 组间比较	4.40/0.025	5.44/0.012	15.50/0.000	7.22/0.004	10.91/0.001
F 值/P 值 两两比较					
Sugartong 石膏 vs Sugartong 矫形器	0.017	0.011	0.000	0.001	0.312
Sugartong 石膏 vs LTTEWHO	0.986	0.881	0.017	0.053	0.000
Sugartong 矫形器 vs LTTEWHO	0.018	0.008	0.007	0.095	0.003

具有严格适应症,对于损伤后第一时间不能明确诊断的腕掌部损伤和需要不同程度固定的患者,复诊时可根据医生的评估直接将LTTEWO切割调整为限制性更少的WHO,一定程度上为患者节约了时间和经济成本。再次,该个性化定制矫形器贴合性较好,重量轻,可拆卸,方便清洁。最后,该矫形器肘上部分采用前部覆盖设计,允许患者在医生或者康复治疗师的监督下尽早开始循序渐进的康复训练,例如:对患者进行主动控制训练,在确保不引发损伤加剧的情况下,允许局部关节有限滑动,预防关节僵硬,促进软骨修复。

本研究当然也存在一定的局限性。有文献认为TFCC损伤后应当将前臂固定在旋后位,然而该固定姿势往往会给患者带来更多疼痛从而导致固定的依从性下降及固定解除后旋前活动受限等问题^[20]。我们的临床实践中发现术后前臂中立位固定并未影响患者功能恢复且能规避旋前受限的问题,因此本研究仅评测中立位状态下的固定效果。相比于Jung等^[9](40个样本量)和Trocchia等^[21](15个样本量)对前臂旋转矫形器的研究,本研究样本量偏小(8个)。其次本研究在测量过程中要求受试者手握旋转指针,在旋转前臂时握持状态可能会影响前臂旋转和指针的同步性,从而导致测量结果出现偏差,先进的生物测量仪或许能使测量结果更加精准。后续,本研究将纳入更多TFCC损伤患者进行测试,并对其穿戴满意度及穿戴引发的不良事件等进行进一步研究。

综上所述,LTTEWHO充分考虑了传统治疗的优缺点,融入无痛范围主动控制低幅度活动的治疗理念,对原有的固定方式进行改良,部分提高了矫形器的固定效率。同时,一次成型和二次切割塑形的优点也为TFCC损伤患者的就医和矫形器替换提供了便利。

【参考文献】

- [1] Kleinman WB. Stability of the distal radioulna joint; biomechanics, pathophysiology, physical diagnosis, and restoration of function what we have learned in 25 years [J]. The Journal of hand surgery, 2007, 32(7): 1086-1106.
- [2] Dineen HA, Greenberg JA. Ulnar-Sided Wrist Pain in the Athlete [J]. Clinics in sports medicine, 2020, 39(2): 373-400.
- [3] Gofton WT, Gordon KD, Dunning CE, et al. Soft-tissue stabilizers of the distal radioulnar joint; an in vitro kinematic study [J]. The Journal of hand surgery, 2004, 29(3): 423-431.
- [4] Haugstvedt JR, Berger RA, Nakamura T, et al. Relative contributions of the ulnar attachments of the triangular fibrocartilage complex to the dynamic stability of the distal radioulnar joint [J]. The Journal of hand surgery, 2006, 31(3): 445-451.
- [5] Chan JJ, Teunis T, Ring D. Prevalence of triangular fibrocartilage complex abnormalities regardless of symptoms rise with age; systematic review and pooled analysis [J]. Clinical orthopaedics and related research, 2014, 472(12): 3987-3894.
- [6] Jawed A, Ansari MT, Gupta V. TFCC injuries: How we treat? [J]. J Clin Orthop Trauma, 2020, 11(4): 570-579.
- [7] Xiao JY, Liu B, Li L, et al. Predictors for poor outcome for conservatively treated traumatic triangular fibrocartilage complex tears [J]. The bone & joint journal, 2021, 103-B(8): 1386-1391.
- [8] Srinivasan RC, Shrouder-Henry JJ, Richard MJ, et al. Open and Arthroscopic Triangular Fibrocartilage Complex (TFCC) Repair [J]. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021, 29(12): 518-525.
- [9] Jung HS, Park JG, Park HJ, et al. Postoperative immobilization using a short-arm cast in the semisupination position is appropriate after arthroscopic triangular fibrocartilage complex foveal repair [J]. The bone & joint journal, 2022, 104-B(2): 249-256.
- [10] 刘路, 刘波, 陈山林, 等. 创伤性腕三角纤维软骨复合体损伤的诊治进展 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(10): 911-915.
- [11] Slaughter A, Miles L, Fleming J, et al. A comparative study of splint effectiveness in limiting forearm rotation [J]. J Hand Ther, 2010, 23(3): 241-248.
- [12] Schachinger F, Farr S. Arthroscopic Treatment Results of Triangular Fibrocartilage Complex Tears in Adolescents: A Systematic Review [J]. Journal of clinical medicine, 2021, 10(11): 2363.
- [13] 陈宏, 何信坤, 滕晓峰, 等. 三角纤维软骨复合体损伤的诊治进展 [J]. 中华创伤杂志, 2020, 36(11): 1038-1045.
- [14] Lee JK, Hwang JY, Lee SY, et al. What is the Natural History of the Triangular Fibrocartilage Complex Tear Without Distal Radioulnar Joint Instability? [J]. Clin Orthop Relat Res, 2019, 477(2): 442-449.
- [15] 刘辉, 刘波, 张鑫, 等. 开链和闭链训练治疗膝关节半月板损伤 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(11): 1733-1737.
- [16] Albro MB, Banerjee RE, Li R, et al. Dynamic loading of immature epiphyseal cartilage pumps nutrients out of vascular canals [J]. Journal of biomechanics, 2011, 44(9): 1654-1659.
- [17] Theodoropoulos JS, Decroos AJ, Petrera M, et al. Mechanical stimulation enhances integration in an in vitro model of cartilage repair [J]. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA, 2016, 24(6): 2055-2064.
- [18] 吴伟, 焦俊玥, 李慧, 等. 运动对软骨代谢影响的研究进展 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(10): 1384-1389.
- [19] Bednar MS, Arnoczky SP, Weiland AJ. The microvasculature of the triangular fibrocartilage complex; its clinical significance [J]. The Journal of hand surgery, 1991, 16(6): 1101-1105.
- [20] Shapiro LM, Yao J. Triangular Fibrocartilage Complex Repair/Reconstruction [J]. Hand Clinics, 2021, 37(4): 493-505.
- [21] Trocchia AM, Elfar JC, Hammert WC. Biomechanical measurements of forearm pronosupination with common methods of immobilization [J]. The Journal of hand surgery, 2012, 37(5): 989-994.