

· 基础研究 ·

使用动力型支具时手指肌腱的力学变化分析

李连楚

【摘要】 目的 探讨手部屈肌腱修复术后在使用动力型支具后其屈、伸肌腱力学变化情况。**方法** 将 8 根废弃的从掌骨远端平面至近节指骨近端平面离断的新鲜完好手指分成 8 个组并建立实验模型,以模拟手指伸、屈肌腱在动力型支具时的伸、屈活动。每组分别施以深屈肌腱 0.2~0.5 N 不等的初始拉力 F 模拟肌肉伸缩活动,用拉力计连接伸肌腱施以拉力 F_2 牵拉手指伸直至近端指间关节活动度达 20~50°,测量此时每组深屈肌腱张力值(F_x)及伸肌腱拉力值(F_2);在每组手指指甲远端固定一模拟动力型支具的橡皮筋向手指近端牵拉,并施以 0.1~0.4 N 不等的初始牵引力 F_1 ,用拉力计牵拉伸肌腱,活动手指至使用模拟动力型支具前相同位置,测量此时各组手指深屈肌腱张力值(F_x')及伸肌腱拉力值(F_2')。**结果** 在相同活动范围内,使用模拟动力型支具后深屈肌腱张力值(F_x')与未使用支具时深屈肌腱张力值(F_x)比较,其间差异无统计学意义($P>0.05$);而使用模拟动力型支具后伸肌腱拉力值 F_2' 显著大于未使用支具时伸肌腱拉力值 F_2 ,其间差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 屈肌腱修复术后使用动力型支具不会使屈肌腱张力值产生显著变化,而伸肌腱拉力值则会显著增加,导致手指背伸时阻力增大,使术后锻炼变得困难。

【关键词】 肌腱; 动力型支具; 力学分析

The mechanical changes of finger tendons under use of dynamic orthosis Li Lianchu. Department of Hand and Foot Surgery, The Changwu Hospital of Changde City, Changde 415000, China

Corresponding author: Li Lianchu, Email: llc987@163.com

【Abstract】 Objective To study the mechanical changes of extensor and flexor tendons during use of dynamic orthosis after repair operation on the flexor tendons of hand. **Methods** An experiment model was established in eight groups (at different stages) using eight discarded fresh and integral human fingers which were broken from the distal plane to the proximal plane of metacarpal bone, thereby while using a dynamic orthosis the extension and flexion movement of extensor and flexor tendons of fingers were induced. An initial tensile force (F) of 0.2 N~0.5 N was exerted on the flexor tendons of each group to simulate the extension and flexion movement of the muscle and a tensometer was connected to the extensor tendon exerting a tensile force (F_2) and pulling the finger to the proximal interphalangeal joint at various positions of 20°~50°, thus the tensile force (F_x) of flexor tendons and the tensile force (F_2) of extensor tendons were measured. A rubber band was fixed at the distal end of the finger nails to simulate the dynamic orthosis and was pulled toward the proximal-end of the finger, while exerting an initial traction force (F_1) of 0.1 N~0.4 N and pull the extensor tendons with the tensometer to cause the finger extension until they reach the same position as that before the simulated dynamic orthosis was employed. Then the tensile force (F_x') of flexor tendons of each group as well as the tensile force (F_2') of extensor tendons were measured, after which a statistical comparison was made with regard to the tensile force F_x and F_x' of flexor tendons and the tensile force F_2 and F_2' of extensor tendons before and after the simulated dynamic orthosis was employed. **Results** The tensile force (F_x') of flexor tendons during the simulated orthosis was used was compared with the tensile force (F_x) during the simulated orthosis was not used, it showed no statistical significant ($P>0.05$); in the meantime, by comparing the tensile force F_2' and F_2 of extensor tendons, it was found that the difference statistically significant ($P<0.001$); after the orthosis was used the tensile force of extensor tendons F_2' increased remarkably with the increase of the initial tensile force F_1 during the dynamic orthosis of rubber band was used. **Conclusion** The tensile force of flexor tendons would not be changed during a dynamic orthosis was used after repair operation on the flexor tendon of hand; however, with the increase of extensor tensile force, the resistance of finger extension would be multiplied and cause more difficulty to do exercise.

【Key words】 Tendon; Dynamic orthosis; Mechanics

术后粘连是手指屈肌腱断裂修复术后无法避免的难题之一,临床上屈肌腱断裂修复术后经常会使用动力型支具辅助功能训练,尤其是Ⅱ区断裂患者更强调早期功能锻炼^[1-2],所使用的动力型支具中以 Kleinert 氏支具最具代表性,临床应用也最广泛^[3]。有学者认为使用动力型支具可促使吻合屈肌腱在无张力或张力减小情况下活动,从而避免肌腱断裂并达到功能锻炼目的^[4-6]。本研究以 8 只遗弃的新鲜完好手指作为观察对象,参照动力型支具工作原理,模拟屈肌腱断裂修复术后使用动力型支具进行“主动伸、被动屈”^[7]功能锻炼,测量并对比在使用动力型支具前、后手指屈伸过程中屈伸肌腱力学变化情况。

材料与方法

一、实验材料

被遗弃的新鲜完好手指 8 根(包括示指 2 根、中指 2 根、环指 4 根),离断平面包括掌骨远端离断 4 根,掌指关节平面离断 2 根,近节指骨近端平面离断 2 根,其他主要实验材料包括 3 mm 克氏针 3 枚、橡皮筋、标志用线、量角器及 5~20 N 拉力计等。

二、实验模型建立

采用克氏针通过掌骨远端或近节指骨近端将断指悬空稳固在实验台上,克氏针不穿过关节以免影响手指活动;将一根橡皮筋连接在深屈肌腱断端并施以不同大小的初始拉力模拟肌肉伸缩活动;将另一根橡皮筋固定在手指指甲远端向近端牵拉以模拟动力型支具被动屈曲手指。由于屈肌腱断裂修复术后临床上均将患指固定为屈曲状态,故本研究默认将手指初始状态固定为屈曲状态,以近端指间关节的活动角度为准(中节手指与水平面的夹角),在手指伸直至近端指间关节 50°、40°、30°、20°不同位置处设置标志线(图 1)。

三、手指屈伸肌腱力学检测

实验共分为 8 个组在不同时间段进行,每组使用不同的断指,8 个组分别施以深屈肌腱 0.2 N、0.5 N、0.2 N、0.3 N、0.4 N、0.4 N、0.3 N、0.5 N 的初始拉力 F ,分别用拉力计连接伸肌腱施以拉力 F_2 牵拉手指伸直至近端指间关节活动角度达到 50°、50°、40°、40°、30°、20°、30°、20°标志线位置,测量此时每组深屈肌腱的张力值(F_x)及伸肌腱拉力值(F_2),每组测量 5 次。在每组手指指甲远端固定一模拟动力型支具的橡皮筋并向手指近端牵拉,设置 8 个组的初始牵引力(F_1)分别为 0.1 N、0.1 N、0.2 N、0.2 N、0.3 N、0.3 N、0.4 N、0.4 N,用拉力计牵拉手指伸肌腱,测量各组手指活动至使用模拟动力型支具前相同位置时深屈肌腱的张力值(F_x')、伸肌腱的拉力值(F_2'),以上每组数据均测量

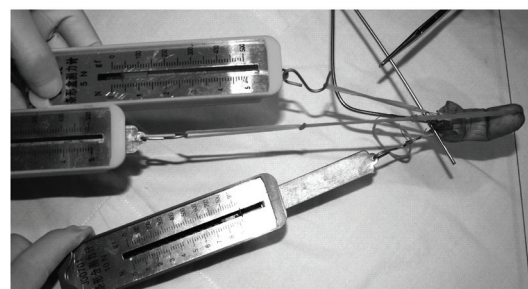
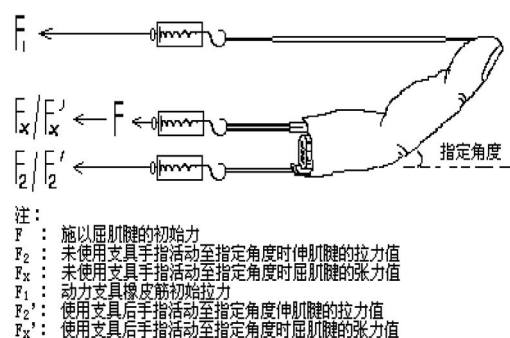


图 1 实验模型设计示意图

5 次。实验过程中注意保证各个力的方向均处于同一平面。

四、统计学分析

本实验所得计量数据以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SPSS 19.0 版统计学软件包进行数据分析,将使用模拟动力型支具前、后深屈肌腱的张力值 F_x 与 F_x' 、伸肌腱的拉力值 F_2 与 F_2' 进行配对 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

8 个组在施以手指深屈肌腱不同初始力、手指活动至不同角度、使用不同拉力的模拟动力型支具情况下,发现使用模拟支具后深屈肌腱张力值(F_x')与未使用辅具时深屈肌腱张力值(F_x)间差异无统计学意义($P > 0.05$);而使用模拟支具后伸肌腱拉力值 F_2' 显著大于未使用支具时伸肌腱拉力值 F_2 ,其间差异具有统计学意义($P < 0.05$),具体数据见表 1。

讨 论

临床上屈肌腱断裂修复术后早期患者常使用动力型支具进行主动伸、被动屈锻炼,伸肌腱断裂修复术后则相反^[8]。本研究通过实验方法初步分析了在屈肌腱断裂修复术后使用动力型支具后肌腱的力学变化情况,通过分析实验数据可知,在手指屈伸过程中是否使用动力型支具对其屈肌腱张力值无明显影响($P > 0.05$),提示术后锻炼时使用支具不会使屈肌腱张力减小。推测屈肌腱张力无显著变化的原因可能是屈肌腱在使用支具前、后其伸缩的距离及路径均相同,因而

表 1 使用模拟支具前、后实验手指屈伸肌腱拉力测量结果分析

组别	施以深屈肌腱的初始力 F(N)	动力支具橡皮筋初始拉力 F ₁ (N)	手指近端指间关节角度(°)	未使用支具手指活动至指定角度时深屈肌腱张力值 F _x (N)	使用支具后手指活动至指定角度时深屈肌腱张力值 F _x ' (N)	未使用支具手指活动至指定角度时伸肌腱拉力值 F ₂ (N)	使用支具后手指活动至指定角度时伸肌腱拉力值 F ₂ ' (N)
1	0.2	0.1	50	0.505 ± 0.037	0.519 ± 0.028	1.938 ± 0.145	7.697 ± 0.412 ^a
2	0.5	0.1	50	0.812 ± 0.051	0.807 ± 0.051	2.715 ± 0.459	8.512 ± 0.315 ^a
3	0.2	0.2	40	0.610 ± 0.029	0.613 ± 0.045	2.012 ± 0.113	9.367 ± 0.358 ^a
4	0.3	0.2	40	0.723 ± 0.014	0.716 ± 0.051	2.319 ± 0.413	10.596 ± 0.623 ^a
5	0.4	0.3	30	0.923 ± 0.072	0.937 ± 0.078	2.732 ± 0.621	13.217 ± 0.259 ^a
6	0.4	0.3	20	1.134 ± 0.127	1.148 ± 0.514	3.127 ± 0.516	15.215 ± 1.235 ^a
7	0.3	0.4	30	0.821 ± 0.046	0.817 ± 0.161	2.517 ± 0.312	14.256 ± 0.821 ^a
8	0.5	0.4	20	1.238 ± 0.041	1.312 ± 0.037	3.351 ± 0.312	16.214 ± 1.021 ^a

注:与未使用支具手指活动至指定角度时伸肌腱拉力值 F₂ 比较,^aP<0.05

其张力值并未发生明显改变。

在屈肌腱断裂修复术后,使用动力型支具一方面使手指处于屈曲状态,但一般情况下屈肌腱断裂修复术后患者都会使用石膏托固定,也可将患指固定于屈曲状态,只是在锻炼手指时必须取下石膏,没有使用支具时方便;另一方面,在锻炼过程中动力型支具可对手指起到被动屈曲作用;但目前大多数学者认为,在肌腱断裂修复术后早期,手指锻炼频率以每天 5~10 次足矣^[9],因而不需将手指长时间固定在屈曲位,而使用支具长时间将手指固定于屈曲位,在进行功能锻炼时容易引发疼痛,并且已有报道指出,使用支具容易诱发近侧指间关节挛缩畸形^[10];其次在使用动力型支具后,手指伸直时伸肌腱拉力值明显增加(P<0.05),表明使用动力型支具后手指伸直阻力成倍增大,也就使得患者进行患指主动伸直锻炼更加困难。上述分析提示,屈肌腱断裂修复术后是否应该使用动力型支具进行辅助康复训练还有待商榷。另外本研究结果还提示,不使用辅助支具时,随着施以深屈肌腱初始力增大,在手指活动至相同角度时,患指屈、伸肌腱的拉力值均相应增加,这也提示在进行屈肌腱修复手术时,肌腱张力不宜过大,否则将可能影响肌腱愈合及后期手指功能锻炼和恢复。

本研究的不足之处,在于只是用橡皮筋模拟了屈肌肌肉的屈伸运动,因而与正常的人体肌腱运动仍有明显区别,忽略了在人体肌肉伸缩运动中神经调节等

因素的影响作用,关于支具对肌腱的确切生物力学影响还有待进一步研究探讨。

参 考 文 献

- [1] 曹曼林,马峥,白跃宏. 矫形器联合关节松动术治疗指屈肌腱粘连的疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志,2013,35(9):654-656.
- [2] 高峻青,付记乐,王朝辉,等. 组合式可调节手部多功能牵引支具的研制及临床应用[J]. 中华物理医学与康复杂志,2010,32(1):59-60.
- [3] 王盛冬,冉春风,张子清,等. 指屈肌腱损伤修复术后早期手内在肌训练的临床效果分析[J]. 中华物理医学与康复杂志,2008,30(9):677-680.
- [4] 韦加宁. 手外科手术图谱[M]. 北京:人民卫生出版社,2003:180.
- [5] 李大为,姜德欣,胡静波. 支具在Ⅱ区屈肌腱陈旧性损伤治疗中的应用[J]. 中华外科杂志,2009,25(1):18.
- [6] 侯燕,俞瑾,张兰,等. 屈指肌腱损伤修复术后的系统康复治疗[J]. 中华物理医学与康复杂志,2006,32(1):59-60.
- [7] 孙勇,王贺. 手屈肌腱修复术后两种康复方案的临床效果比较[J]. 中华物理医学与康复杂志,2011,33(3):217-218.
- [8] 韩秀兰,许轶,林科宇,等. 手指屈肌腱损伤患者改良 Kleinert 支具后对手功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2011,33(10):783-785.
- [9] 王修文,牛瑞,孙强三,等. 个体化、量化康复训练对屈指肌腱吻合术后功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2009,31(5):323-326.
- [10] 陶泉,程安龙,张锦章,等. 指屈肌腱修复后早期活动对指功能恢复的临床研究[J]. 中华外科杂志,2001,17(2):156-158.

(修回日期:2014-09-30)

(本文编辑:易 浩)

勘 误

本刊 2014 年第 9 期发表的《基质细胞衍生因子 1 对阿尔茨海默病小鼠脑内 Aβ 的清除作用》一文通信作者姓名有误,正确通信作者姓名应为华中科技大学同济医学院附属同济医院神经内科潘邓记,特此更正。

《中华物理医学与康复杂志》编辑部

2014 年 10 月