

## · 基础研究 ·

# 大鼠肌紧张带重复低频电刺激后的生物力学及病理学改变

王永慧 孟菲 丁欣利 范真真 王超 岳寿伟

**【摘要】目的** 研究大鼠肌紧张带(TB)重复低频电刺激疲劳试验后的生物力学及病理学改变。**方法** 符合实验标准的 28 只 Wistar 大鼠,按随机数字表法分为对照组、强度疲劳实验组和频率疲劳实验组,分别进行对照、强度疲劳实验和频率疲劳实验研究。记录和分析 TB 和非肌紧张带(non-TB)在每一刺激循环中的最大收缩力和最大收缩力低刺激强度和高刺激强度,以及频率疲劳实验中的最大收缩力、强直收缩力和频率。光镜下观察其病理变化。**结果** ①强度疲劳实验中,TB 的最大收缩力在第 15 次循环( $1.42 \pm 0.28$ )g 和第 20 次循环( $0.93 \pm 0.54$ )g 中明显比其第 1 次循环( $1.99 \pm 0.31$ )g 和第 5 次循环( $1.97 \pm 0.27$ )g 降低;最大收缩力高刺激强度在第 15 次循环( $3.76 \pm 0.71$ )V 和第 20 次循环( $3.44 \pm 0.97$ )V 中明显比其第 1 次循环( $4.04 \pm 0.64$ )V 降低。在第 10、15 和 20 次强度刺激循环中,TB 的最大收缩力和最大收缩力高刺激强度明显比 non-TB 低。②频率疲劳实验中,TB 最大收缩力频率( $9.60 \pm 2.12$ )Hz 和强直频率( $25.45 \pm 2.65$ )Hz 明显小于 non-TB,最大收缩力( $1.67 \pm 0.16$ )g 和强直收缩力( $2.02 \pm 0.21$ )g 明显大于 non-TB。③病理切片显微镜观察显示强度和频率疲劳实验后,TB 肌纤维染色明显不均,肌纤维排列紊乱,出现明显的水肿、细胞退变和断裂。**结论** TB 耐受不同电刺激强度和频率的能力降低,肌纤维易受损伤,肌肉抗疲劳能力下降;TB 或许参与肌筋膜疼痛综合征患者的肌无力和易疲劳性。

**【关键词】** 肌筋膜疼痛综合征; 肌紧张带; 易疲劳性

**Biomechanical and pathological changes of taut bands in rats after repeated low-frequency electrical stimulation** Wang Yonghui, Meng Fei, Ding Xinli, Fan Zhenzhen, Wang Chao, Yue Shouwei. Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Qilu Hospital, Shandong University, Jinan 250012, China  
Corresponding author: Yue Shouwei, Email: shouwei@sdu.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To investigate the biomechanical and pathological changes in vivo in the taut bands (TB) of biceps femoris in rats after repeated low-frequency electrical stimulation. **Methods** Twenty-eight Wistar rats were randomly divided into a control group, an electrical intensity-dependent fatigue group, which were subject to electric intensity-dependent fatigue test, and an electrical frequency-dependent fatigue group, which were subject to electrical frequency-dependent fatigue test. After fatigue tests, the taut band of the biceps femoris and the non-taut band of the contralateral biceps femoris were harvested for pathological observation. The maximum contraction force (MCF), electrical intensity- and frequency-dependent fatigue characteristics and any pathological changes in the TBs were assessed and compared to the non-taut band region of the other biceps femoris. **Results** The MCF at the 15th and 20th stimulation ( $1.42 \pm 0.28$  g and  $0.93 \pm 0.54$  g respectively) were significantly lower than that at the 1st and 5th stimulation of the TBs. High stimulation intensity (HSI) at the 15th and 20th stimulation ( $3.76 \pm 0.71$  V and  $3.44 \pm 0.97$  V) were also significantly lower than at the 1st TB stimulation. At the 10th, 15th and 20th stimulation of the TBs, MCF and HSI were both significantly lower than in the bands which were not tight. In the frequency-dependent fatigue stimulation tests, the frequency which generated the MCF of the TBs was significantly lower than in the bands which were not tight, while the MCF of the TBs was significantly higher than that of non-TBs. After either intensity or frequency fatigue testing, more severe edema, uneven cytoplasmic death and degeneration of muscle fibers were observed in sections from TBs than from the bands which were not tight. **Conclusions** Taut muscle bands are significantly less fatigue-resistant than normal muscle fibers. Taut bands may contribute to the fatigue of myofascial pain syndromes.

**【Key words】** Myofascial pain; Taut bands; Fatigability; Muscles; Electical stimulation

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.07.004

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81000855,81272155);山东省自然科学基金资助项目(ZR2010HQ021)

作者单位:250012 济南,山东大学齐鲁医院康复中心

通信作者:岳寿伟,Email: shouwei@sdu.edu.cn

肌筋膜疼痛综合征(myofascial pain syndrome)为临床常见的慢性肌肉疼痛综合征,主要原因是肌筋膜激痛点(myofascial trigger points, MTrP)的存在及肌肉受损伤后所致的挛缩和持续收缩。触痛点、固定型式的疼痛、肌紧张带(taut band, TB)是用来诊断 MTrP 的可靠指标;MTrP 反复发作、不易彻底治愈<sup>[1]</sup>。TB 是顺着肌肉纤维生长方向、触诊可以发现的一条带状的条索,用力按压会出现局部抽搐反应、甚至牵涉痛;TB 可以通过触诊而被发现和确认。目前已可建立大鼠和兔的动物模型,能更好地研究 MTrP 的病理生理<sup>[2-4]</sup>。运动功能障碍、最大肌肉收缩力量的下降及易疲劳性是慢性肌肉骨骼疼痛疾病的常见症状<sup>[5]</sup>。MTrP 的主要症状和特点是疼痛、关节运动限制和肌肉疲劳,故推测,作为 MTrP 主要特征的 TB 或许参与了肌肉疲劳和 MTrP 疼痛,但目前尚鲜见相关研究报道,也未见有关于 TB 是否参与慢性肌肉疼痛患者肌无力和肌疲劳及关于 TB 生物力学特点的实验研究。低频电刺激是肌肉骨骼实验中被广泛应用的诱导肌肉疲劳的方法<sup>[6-7]</sup>,本研究通过对大鼠股二头肌 TB 进行载体生物力学特点的实验研究,旨在探讨和观察在经电刺激诱导的强度和频率疲劳实验后,大鼠股二头肌 TB 的强度依赖疲劳特点和频率依赖疲劳特点及病理学改变。

## 实验设计与方法

### 一、TB 的确认及实验动物分组

TB 的确认方法:手指抓捏麻醉大鼠的股二头肌,通过触诊寻找 TB(紧张带的肌纤维较周围坚硬),初步确定 TB 后,沿着 TB 走行方向按压,挤压时引起局部颤搐反应,进一步确定为 TB。注意检查时不可用力过大,以免造成肌肉损伤。

选择一侧股二头肌上有 TB,而对侧股二头肌相同位置无 TB 的成年雄性 Wistar 大鼠 28 只,体重在 300~400 g,雄性 SPF 级,购于山东大学医学院动物实验室。按照随机数字表法将大鼠分为对照组(8 只)、强度疲劳实验组(10 只)和频率疲劳实验组(10 只)。

### 二、生物机能实验系统

本实验在山东大学机能实验室 BL-420E<sup>+</sup>生物机能实验系统<sup>[8]</sup>上完成。刺激电极分别夹住标本的两端,FT-100 生物张力传感器夹住标本的中央,调节传感器的传递线为自然伸直而不牵张状态,并和肌肉条收缩力的方向一致,和传感器垫片方向垂直;肌肉条和传感器在同一水平面;传感器连接于 BL-420E<sup>+</sup>生物机能实验系统的通道 1,刺激电极连接于 BL-420E<sup>+</sup>生物机能实验系统的刺激通道。

### 三、动物实验设计

对照组:仔细触摸大鼠股二头肌肌肉,按上述 TB 确

认方法寻找 TB。取下 TB 和对侧相同位置相同体积的非肌紧张带(non-taut band, non-TB),制作病理切片。

强度疲劳实验组:大鼠刺激电流采用单相方波,刺激波宽 1 ms,刺激间隔时间 2 s。刺激强度为从 2.0 V 开始,强度每次递增为 0.4 V,至 10.0 V 电刺激为 1 个刺激循环,然后再从 2.0 V 至 10.0 V 的循环刺激,共 20 次刺激循环。在每一次的强度刺激循环中,随着刺激强度的增加,肌肉收缩力增加,达到一定刺激强度后,收缩力最大(maximum contraction force in intensity fatigue test, MCF-IF);当刺激强度继续增加,收缩力不会继续增加,而是会维持在 MCF-IF,直到刺激强度增加到一定程度收缩力开始下降。这样在每一次的强度刺激循环中,有一段范围的刺激强度产生 MCF-IF,即从产生 MCF-IF 的最低刺激强度(lowest stimulus intensity, LSI)开始到收缩力开始下降前的最高刺激强度(highest stimulus intensity, HSI)。分别记录第 1、5、10、15 和 20 次循环的 MCF-IF、LIS 和 HIS。

频率疲劳实验组:依次应用刺激频率分别为 1、3、5、7、……直到 63 Hz 的电流对大鼠的 TB 和 non-TB 进行实验。刺激强度为 1.5 V,单相方波,刺激波宽 1 ms,每一频率刺激时间为 2 s,不同刺激频率间隔 4 s。观察不同刺激频率下,肌纤维收缩力量的变化及强直收缩发生的情况。记录频率疲劳实验中最大收缩力(MCF in the frequency fatigue test, MCF-FF)、最大收缩力频率、强直收缩力(tetanus contraction)和频率。

### 四、TB 的分离方法及病理切片

分离方法:戊巴比妥钠(40 mg/kg 体重)腹腔内注射麻醉大鼠,轻度麻醉成功后<sup>[9]</sup>,大鼠俯卧位,固定四肢。去除大鼠股二头肌毛发,肥皂水清洗皮肤,按上述 TB 确认方法仔细寻找 TB,对 TB 处进行标记。常规消毒大鼠皮肤,用有齿镊夹起腿部股二头肌处皮肤,作一 0.5 cm 左右小切口,然后用圆头剪刀插入皮下作皮下扩张剥离,同时延伸切口,充分暴露股二头肌,进一步确定 TB。TB 确认后,沿其方向钝性分离使其和附近肌肉纤维分开,但与肌肉的远近端相连;在大鼠对侧相应位置按照肌纤维方向取 non-TB。肌条大小约为 0.3 cm×0.3 cm×0.6 cm,在肌肉条下水平放置光滑血管钳前端作为滑板,以减少肌条和周围组织的摩擦力。肌条上喷洒等渗生理盐水,无菌纱布盖上,稳定 1 h。

病理切片:分别取对照组未进行疲劳实验的 TB 和 non-TB、强度疲劳实验组进行强度疲劳实验后的 TB 和 non-TB 及频率疲劳实验组进行频率疲劳实验后的 TB 和 non-TB 肌肉条,立即放入 4% 的甲醛溶液中固定。24 h 后制作成病理切片,行 HE 染色,在光镜下观察病理切片。

表 1 强度疲劳循环中实验大鼠 TB 和 non-TB 的 MCF-IF、LSI 和 HSI 比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 循环次数   | 只数 | TB                        |             |                           | non-TB      |             |             |
|--------|----|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
|        |    | MCF-IF(g)                 | LSI(V)      | HSI(V)                    | MCF-IF(g)   | LSI(V)      | HSI(V)      |
| 第 1 次  | 10 | 1.99 ± 0.31               | 3.14 ± 0.33 | 5.64 ± 0.48               | 2.14 ± 0.36 | 3.26 ± 0.35 | 6.14 ± 1.48 |
| 第 5 次  | 10 | 1.97 ± 0.27               | 2.96 ± 0.08 | 4.66 ± 0.77               | 2.25 ± 0.29 | 3.34 ± 0.52 | 5.12 ± 2.82 |
| 第 10 次 | 10 | 1.62 ± 0.29 <sup>a</sup>  | 2.88 ± 0.10 | 4.04 ± 0.64 <sup>a</sup>  | 2.02 ± 0.25 | 3.40 ± 0.87 | 6.36 ± 1.73 |
| 第 15 次 | 10 | 1.42 ± 0.28 <sup>ab</sup> | 2.76 ± 0.21 | 3.76 ± 0.71 <sup>ac</sup> | 1.97 ± 0.35 | 3.16 ± 0.24 | 6.08 ± 1.03 |
| 第 20 次 | 10 | 0.93 ± 0.54 <sup>ab</sup> | 2.76 ± 0.21 | 3.44 ± 0.97 <sup>ac</sup> | 1.87 ± 0.34 | 2.98 ± 0.37 | 6.44 ± 1.90 |

注:与 non-TB 第 10、15 和 20 次循环比较,<sup>a</sup> $P < 0.01$ ;与 TB 第 1 和 5 次循环比较,<sup>b</sup> $P < 0.01$ ;与 TB 第 1 次循环比较,<sup>c</sup> $P < 0.01$

五、统计学方法

应用 Sigma Plot 10.0 版软件对第 1、5、10、15、20 次强度刺激循环中 TB 和 non-TB 的 MCF-IF、HSI 和 LSI 进行双因素方差分析。SNK 检验两因素间有无交互作用。采用配对  $t$  检验分析 TB 和 non-TB 频率疲劳实验中 MCF-FF 及刺激频率、强直收缩力及频率。所得数据采用( $\bar{x} \pm s$ )表示, $P < 0.05$ 则认为差异有统计学意义。

结 果

一、强度疲劳实验

双因素方差分析显示第 1、5、10、15 和 20 次强度疲劳循环中 TB 和 non-TB 的 MCF-IF 和 HSI 差异均有统计学意义( $F = 9.82, P < 0.01; F = 15.04, P < 0.01; F = 8.49, P < 0.01; F = 4.31, P < 0.01$ )。TB 的 MCF-IF 在第 15 和 20 次循环中明显比其第 1 和 5 次循环降低(SNK = 5.37,  $P < 0.01$ ; SNK = 5.22,  $P < 0.01$ ; SNK = 9.99,  $P < 0.01$ ; SNK = 9.84,  $P < 0.01$ )。TB 组的 HSI 在第 15 和 20 次循环中明显比其第 1 次循环降低(SNK = 4.15,  $P < 0.01$ ; SNK = 4.86,  $P < 0.01$ )。在第 10、15 和 20 次循环强度中, TB 的 MCF-IF 和 HSI 明显较 non-TB 的低,且差异有统计学意义(SNK = 5.12,  $P < 0.01$ ; SNK = 5.12,  $P < 0.01$ ; SNK = 6.62,  $P < 0.01$ ; SNK = 3.76,  $P < 0.01$ ; SNK = 5.24,  $P < 0.01$ ; SNK = 8.86,  $P < 0.01$ )。TB 和 non-TB 的 LSI 在各强度疲劳循环中差异无统计学意义。具体数据详见表 1。

二、频率疲劳实验

配对  $t$  检验分析显示, TB 的最大收缩力频率和强直收缩频率均明显小于 non-TB, 最大收缩力和和强直收缩力明显大于 non-TB, 差异有统计学意义( $t = -10.5627, P < 0.01; t = -8.51, P < 0.01; t = 21.26, P < 0.01; t = 41.47, P < 0.01$ )。具体数据详见表 2。

表 2 频率疲劳实验中大鼠 TB 和 non-TB 的最大收缩和强直收缩的刺激频率和收缩力比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 频率疲劳<br>实验组 | 最大收缩                     |                          | 强直收缩                      |                          |
|-------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
|             | 刺激频率(Hz)                 | 收缩力(g)                   | 刺激频率(Hz)                  | 收缩力(g)                   |
| TB          | 9.60 ± 2.12 <sup>a</sup> | 1.67 ± 0.16 <sup>b</sup> | 25.45 ± 2.65 <sup>a</sup> | 2.02 ± 0.21 <sup>b</sup> |
| non-TB      | 17.18 ± 2.21             | 0.42 ± 0.07              | 30.16 ± 3.04              | 0.69 ± 0.11              |

注:与 non-TB 的最大收缩刺激频率和强直收缩刺激频率比较,<sup>a</sup> $P < 0.01$ ;与 non-TB 的最大收缩力和强直收缩力比较,<sup>b</sup> $P < 0.01$

三、病理学表现

与 non-TB 相比,对照组 TB 病理表现为肌纤维轻度排列紊乱,有轻度炎症细胞浸润和水肿;强度疲劳实验组的 TB 在经强度疲劳实验后,肌纤维染色明显不均,明显炎症细胞浸润,明显的水肿和细胞退变;频率疲劳实验组的 TB 在经频率疲劳实验后,肌纤维染色明显不均和明显的水肿。而 non-TB 在经强度疲劳和频率疲劳实验后仅表现为轻度的炎症细胞浸润,染色不均和水肿。详见图 1。

讨 论

电刺激骨骼肌时,由于各肌纤维兴奋性不同,在一定的刺激强度范围内,肌肉的收缩力随着刺激强度的增加而增加,当所有肌纤维都兴奋收缩时,收缩力达到最大,此时的电流强度为产生最大收缩力的最小刺激强度,又称最适刺激强度;当电刺激强度继续增加到一定程度,肌纤维持续收缩暂时疲劳,肌肉收缩力开始下降,此时的电流强度为产生最大收缩力的最高刺激强度,提示肌肉开始疲劳<sup>[10]</sup>。本实验的强度疲劳实验的第 1 和 5 次循环中, TB 和 non-TB 的最大收缩力和产生最大收缩力的刺激强度比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但到第 10、15 和 20 次循环强度中, TB 的最大收缩力和产生最大收缩力的最高刺激强度明显较 non-TB 低;而且 TB 的最大收缩力在第 15 和 20 次循环中明显较其第 1 和 5 次循环降低,产生最大收缩力的最高刺激强度在第 15 和 20 次循环中也明显较其第 1 次循环降低。说明在低循环次数运动下 TB 和 non-TB 的最大收缩力及其电刺激强度等生物力学特点没有差别,但持续重复收缩, TB 则迅速表现为收缩力下降和产生最大收缩力的最高刺激强度下降的肌肉疲劳的特点;结合第 1、5、10、15 和 20 次强度疲劳循环中, TB 和 non-TB 的最大收缩力的最低刺激强度无明显变化,提示 TB 中兴奋阈值较低的肌纤维不易疲劳,而兴奋阈值较高的肌纤维最先疲劳。

当电刺激强度和刺激脉冲波宽一定时,随着电刺激频率的增加,肌肉的反应依次表现为单收缩、不完全强直收缩和完全强直收缩,肌肉收缩的幅度也增大。本实验记录频率疲劳实验中的最大收缩力、最大收缩

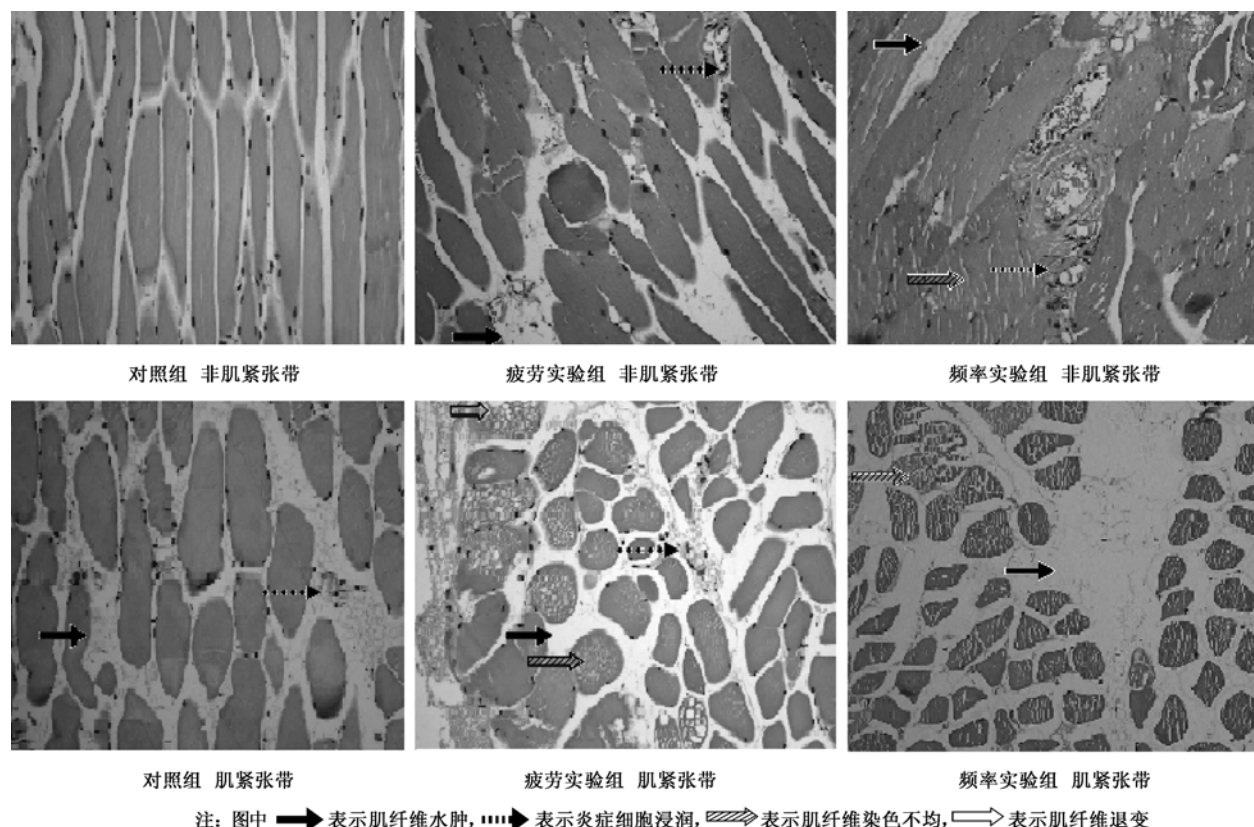


图 1 3 组大鼠 TB 和 non-TB 的病理学表现(HE 染色, ×200)

力频率、强直收缩力和强直收缩力频率,结果显示, TB 的最大收缩力频率和强直收缩频率均明显小于 non-TB,最大收缩力和和强直收缩力明显大于 non-TB。TB 的最大收缩力频率和强直收缩频率明显低于 non-TB,提示其单个收缩时间较 non-TB 长,包括其潜伏期、收缩时间和恢复时间。说明 TB 肌纤维可能是由于原发性或继发性损伤导致单个收缩时间延长,表现为易疲劳,但其收缩力量大,提示 TB 中可能存在对低频率刺激敏感的肌纤维或神经纤维末梢较多,这与笔者之前的研究一致<sup>[11]</sup>。

TB 的肌肉纤维易疲劳可能与多种因素有关,正常肌肉持续或重复收缩时产生的疲劳主要源于肌肉内部一些位点作用的变化,其最为普遍接受的观点是肌丝滑动学说<sup>[12]</sup>,在这一学说中钙离子起到了关键的作用。与正常肌肉相比,当肌肉收缩时, TB 处的肌纤维存在因运动单位的高兴奋性而产生的持续活动<sup>[13]</sup>。究其原因,可能是由于直接或间接的外力损伤、累积劳损、姿势异常等原因, TB 神经肌肉接头处释放的乙酰胆碱过多,引起接头后肌纤维细胞在静息状态的持久去极化,导致持久的肌小节收缩。肌肉收缩造成局部缺血、缺氧,刺激受伤部位分泌化学物质,造成肌肉内部组织进一步发炎、疼痛。疼痛使肌肉持续收缩,导致组织缺血,因此,出现疼痛-肌肉挛缩-缺氧的恶性循环。

TB 的持续活动可以减慢肌浆网对钙离子的重吸收,造成钙离子重吸收不完全;这样,当肌肉反复收缩时,肌浆网内钙离子密度减少,又进一步导致钙离子的释放减少。TB 内的持续活动还加速了代谢产物和致痛物质的堆积,而过多的肌肉代谢产物(如氢离子和磷酸盐)堆积能够减低肌丝对钙离子的敏感性,导致肌肉兴奋-收缩脱耦联,从而引起肌肉收缩力量的下降,导致肌肉疲劳的产生<sup>[12]</sup>。TB 持续收缩还可引起肌肉痉挛,减少动脉血流,减少氧气、钙离子和其它肌肉所需的营养物质的供给,也可加重肌纤维疲劳和损伤<sup>[14]</sup>。另外,肌筋膜疼痛患者紊乱的肌肉募集方式可能也参与了 TB 肌肉疲劳。慢性肌肉疼痛患者存在较多的肌肉间的联合运动,过多的拮抗肌肉的联合运动会重新组织运动控制策略,加重肌肉的负荷,增加伤害性刺激的传入,导致肌肉纤维易损伤和抗疲劳能力下降<sup>[15]</sup>。

本研究通过对 TB 和相同体积 non-TB 进行电刺激诱发其疲劳,以研究其生物力学和病理学改变;结果显示, TB 耐受不同电刺激强度和频率的能力降低,肌纤维易受损伤,肌肉抗疲劳能力下降;疲劳实验后 TB 肌纤维染色明显不均,肌纤维明显排列紊乱,出现明显的水肿和细胞退变;而 non-TB 仅有轻度上述改变。

综上所述,本研究报道低频电刺激疲劳实验后 TB 生物力学及病理改变,结果显示, TB 肌纤维适应能力

差,易疲劳;TB 可能参与了肌筋膜疼痛综合征患者的肌无力和易疲劳性,参与肌筋膜疼痛综合征疼痛的病理生理。然而,本实验研究的仅是位于股二头肌上的大小约为  $0.3\text{ cm} \times 0.3\text{ cm} \times 0.6\text{ cm}$  的 TB 的生物力学特点,并没有研究大鼠股二头肌整体的力学特点及其对下肢功能的影响。TB 生物力学和结构的特点对所属肌肉整体肌肉力量和疲劳特性有无影响及其机制目前尚有待于进一步研究。

### 参 考 文 献

- [1] Simons DG. Review of enigmatic MTrP as a common cause of enigmatic musculoskeletal pain and dysfunction[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2004,14(1):95-107.
- [2] Simons DG, Stolov WC. Microscopic features and transient contraction of palpable bands in canine muscle resistance[J]. Am J Phys Med, 1976,55(2):65-88.
- [3] Hou CR, Chung KC, Chen JT, et al. Effects of a calcium channel-blocker on electrical activity in myofascial trigger spots of rabbits[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2002,81(5):342-349.
- [4] Huang QM, Ye G, Zhao ZY, et al. Myoelectrical activity and muscle morphology in a rat model of myofascial trigger points induced by blunt trauma to the vastus medialis[J]. Acupunct Med, 2013,31(1):65-73.
- [5] Mademli L, Arampatzis A. Effect of voluntary activation on age-related muscle fatigue resistance[J]. J Biomech, 2008,41(6):1229-1235.
- [6] Wawrow PT, Jakobi JM, Cavanaugh JM. Fatigue response of rat medial longissimus muscles induced with electrical stimulation at various work/rest ratios[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2011,21(6):939-946.
- [7] Ibrahim MY, Ashour OM. Changes in nitric oxide and free radical levels in rat gastrocnemius muscle during contraction and fatigue[J]. Clin Exp Pharmacol Physiol, 2011,38(12):791-795.
- [8] 杨拯, 张晓, 辛志伟, 等. BL-420E + 生物机能实验系统在医学机能实验教学中的应用探讨[J]. 中国高等医学教育, 2006,20(7):16-18.
- [9] Bartel DL, Bicknell VL, Wright TM. The effect of conformity, thickness, and material on stresses in ultra-high molecular weight components for total joint replacement[J]. J Bone Joint Surg Am, 1986,68(7):1041-1051.
- [10] 王柯慧, 钟红刚. 兔骨骼肌肌力与电刺激强度的相关性研究[J]. 中国骨伤, 1998,11(3):17-19.
- [11] Wang YH, Ding XL, Zhang Y, et al. Ischemic compression block attenuates mechanical hyperalgesia evoked from latent myofascial trigger points[J]. Exp Brain Res, 2010,202(2):265-270.
- [12] Dahlstedt AJ, Katz A, Westerblad H. Role of myoplasmic phosphate in contractile function of skeletal muscle: studies on creatine kinase-deficient mice[J]. J Physiol, 2001,533(Pt2):379-388.
- [13] Ge HY, Nie H, Madeleine P. Contribution of the local and referred pain from active myofascial trigger points in fibromyalgia syndrome[J]. Pain, 2009,147(1-3):233-240.
- [14] Hogan MC, Kurdak SS, Arthur PG. Effect of gradual reduction in O<sub>2</sub> delivery on intracellular homeostasis in contracting skeletal muscle[J]. J Appl Physiol, 1996,80(4):1313-1321.
- [15] Lucas KR, Rich PA, Polus BI. Muscle activation patterns in the scapular positioning muscles during loaded scapular plane elevation: the effects of latent myofascial trigger points[J]. Clin Biomech, 2010,25(8):765-770.

(修回日期:2014-12-30)

(本文编辑:汪 玲)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 中华医学会杂志社对一稿两投问题处理的声明

为维护中华医学会系列杂志的声誉和广大读者的利益,现将中华医学会系列杂志对一稿两投和一稿两用问题的处理声明如下:

1. 本声明中所涉及的文稿均指原始研究的报告或尽管 2 篇文稿在文字的表达和讨论的叙述上可能存在某些不同之处,但这些文稿的主要数据和图表是相同的。所指文稿不包括重要会议的纪要、疾病的诊断标准和防治指南、有关组织达成的共识性文件、新闻报道类文稿及在一种刊物发表过摘要或初步报道而将全文投向另一种期刊的文稿。上述各类文稿如作者要重复投稿,应向有关期刊编辑部做出说明。
2. 如 1 篇文稿已以全文方式在某刊物发表,除非文种不同,否则不可再将该文投寄给他刊。
3. 请作者所在单位在来稿介绍信中注明文稿有无一稿两投问题。
4. 凡来稿在接到编辑部回执后满 3 个月未接到退稿,则表明稿件仍在处理中,作者欲投他刊,应事先与该刊编辑部联系并申述理由。
5. 编辑部认为文稿有一稿两投嫌疑时,应认真收集有关资料并仔细核实后再通知作者,同时立即进行退稿处理,在做出处理决定前请作者就此问题做出解释。期刊编辑部与作者双方意见发生分歧时,应由上级主管部门或有关权威机构进行最后仲裁。
6. 一稿两用一经证实,期刊编辑部将择期在杂志中刊出其作者姓名和单位及撤销该论文的通告;对该作者作为第一作者所撰写的一切文稿,中华医学会系列杂志 2 年内将拒绝其发表;并就此事件向作者所在单位和该领域内的其他科技期刊进行通报。

中华医学会杂志社