

延迟性肌肉疼痛防治的研究进展

庄 冲

(南京理工大学 体育部, 江苏 南京 210094)

摘 要:延迟性肌肉疼痛是运动员从事不习惯的运动后所经历的一种肌肉疼痛或不适的感觉,能够导致运动能力的下降,其产生机制目前尚不清楚。有多种手段和方法来防治延迟性肌肉疼痛,但结果不一,运动以及中医药在减轻症状方面效果明显。

关 键 词:运动; 延迟性肌肉疼痛; 疼痛防治

中图分类号:G804.54 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7116(2005)05-0046-04

Development of the research on delayed onset muscle soreness

ZHUANG Chong

(Department of Physical Education, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Delayed onset muscle soreness is a muscular pain or an uncomfortable feeling experienced by athletes after they have engaged in an exercise they are not used to, which can cause the deterioration of sports capability, and which occurrence mechanism is still not clearly known currently. Many means and methods are available for preventing and treating delayed onset muscle soreness but their results are different, in which exercising and Chinese traditional medicines show remarkable effects on alleviating the symptom.

Key words: exercise; delayed onset muscle soreness; prevention of soreness

1902年 Hough 发现人体进行负重臂屈伸运动后出现骨骼肌疼痛症状,他把这种现象称之为延迟性肌肉疼痛(delayed onset muscle soreness, DOMS),从事不习惯的运动后均可诱发明显的 DOMS 症状。近一个世纪以来,运动尤其是离心运动与 DOMS 的关系一直是研究热点,学者们从多方面进行了大量的研究并提出了众多的理论来解释,但目前对引起 DOMS 的确切机制仍不清楚。本文拟就近年来对 DOMS 的研究情况做一概述,并着重对 DOMS 的防治方法进行综述。

1 DOMS 概述

DOMS 是指从事不习惯运动后所出现的肌肉疼痛或不适的感觉。不管是有训练经历的优秀运动员还是以静坐生活方式为主的一般人,从事不习惯的运动后几乎都有一种不适的感觉,这种感觉在骨骼肌中表现得尤为明显。不适程度发生在运动后的最初 24 h, 24 ~ 72 h 达到高峰,随后逐渐缓解,7 d 左右消失。DOMS 主要发生在远端肌肉和肌腱连接处,除具有一般的疼痛症状外,常常伴有肌肉僵硬、酸胀、肌肉收缩力量和放松能力下降。人们发生 DOMS 的程度不同,有的人只有轻微的肌肉僵硬并且在日常活动中能够很快消失,而有的人症状明显,疼痛严重。DOMS 的发生与运动强度、时间和方式有关,与运动强度的关系更为密切。

研究中经常采用上、下肢大负荷的离心力量练习来诱发 DOMS。如上肢固定运动角度和随意运动角度的前臂屈肌的最大负荷离心运动,下肢的下坡跑、蛙跳等;而动物离心训练多采用踝关节背屈肌电刺激拉长收缩或下坡跑等。使用 60%、70%、80%、90% 的最大等长收缩力训练均可诱发 DOMS^[1]。

肌肉疼痛是一种主观感觉,其评价方法多年来都未取得太大进展,主要采用不同标准的疼痛等级量表,最常用的是 Borg 的 12 级主观体力感觉等级表(ratings of perceived soreness, RPS)。

2 DOMS 的发生机制

虽然对 DOMS 的研究长达 100 年,但对其发生的确切机制目前尚不完全清楚。学者们提出了很多理论如“乳酸论”、“肌肉痉挛论”、“结缔组织损伤论”、“肌肉损伤论”、“发炎论”以及“酶逸出论”等^[2],然而,上述单一的理论均具有一定的局限性,并不能很好地解释 DOMS,对 DOMS 机理的研究仍有待进一步深入。

3 DOMS 对运动训练的影响

DOMS 除了引起肌肉酸痛外,由于离心运动所致的肌肉

和结缔组织的结构性损伤,常常引起肌肉功能和关节力学的改变,这些变化会明显造成力量和运动能力下降,达不到最佳训练效果,对运动训练产生不利影响。Evans等^[3]发现经过重复离心运动后,肘屈肌等速峰值力矩在运动后即刻、运动后24h和运动后48h分别下降了43.5%、38.8%和32%,14d后回到正常值。Saxton等^[4]观察了伸肘离心运动后等长收缩力的变化,发现5d后等长收缩力恢复到原来的81%。Clarkson等^[5]设计了1组伸肘离心运动,运动后第7d等长收缩力恢复约78%,第10d恢复约84%。Gibala等^[6]观察了8名普通男性受试者用一侧上肢做向心工作举起哑铃,再用另一侧上肢做离心运动缓慢放下哑铃,用80%的最大力量完成8组负荷,结果发现两种运动方式后等速峰力矩均明显下降,但离心运动后肌力下降幅度更大,运动后24h肌力仍维持在运动后即刻的较低水平。随后肌力逐渐恢复,运动后96h仍明显低于运动前水平;而向心运动后24h,等速峰力矩已基本恢复。Lee等^[7]报道,8名健康男性以优势臂屈肘时的135%~150%最大等张力量为负荷,利用非优势臂屈肘肌做60次的离心收缩,发现运动后等张肌力显著下降,DOMS于运动后24~72h达到高峰,同时血浆肌酸激酶的活性也达到峰值。田野等^[8]观察了24名男大学生分别完成10组负荷,每组负荷包括15个最大用力蛙跳和30个负重跳(10kg)后肌肉力量恢复情况,发现运动后即刻受试者伸膝肌群慢速等速收缩峰力矩和峰力矩/体重明显下降,运动后24h仍基本维持在运动后即刻的较低水平而没有明显的恢复。运动后即刻肌肉酸痛程度较运动前明显升高,运动后24~48h达到高峰,之后症状逐渐减轻,第7d基本消失。

DOMS降低肌肉力量有两方面的原因:一方面是肌肉疼痛的保护性抑制限制了肌肉的最大用力,造成肌肉力量下降,另一方面是肌肉损伤,造成肌肉固有的产生力量的能力下降。但是,DOMS并不会长期造成肌肉力量的下降,一旦症状消失,肌肉力量重新恢复。

4 DOMS的防治方法

DOMS是一种暂时性的肌肉不适,属于个体感觉问题,一般不需要临床治疗,经过休息可自行缓解,但是由于其限制了肌肉和关节的功能,对运动训练必然会产生不利的影响。因此,研究尽快消除运动后DOMS,加速肌肉力量的恢复对提高运动训练效果具有重要意义。学者们采用了很多方法来尝试减轻DOMS症状,如电疗、牵拉、按摩、药物以及运动等^[2],但是到目前为止,尚未找到一种完全有效的防治DOMS的方法。

4.1 电疗

临床上常采用电疗来加速伤口和骨折的康复,近年来有学者尝试把这种技术应用到DOMS的恢复上,但是得出了不同的结果。Denegar等^[9]报道,8名女性受试者经运动出现DOMS症状后,以低频、30min的经皮电刺激(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS),结果发现运动后48h疼痛感明显降低,肘关节伸展范围显著增加。Lambert等^[10]采用双盲实验发现电疗可以降低离心运动后手臂DOMS的信号

和症状。田野等^[8]观察了低频(2Hz)和混频(2/100Hz)两种不同频率电刺激对运动延迟性肌肉酸痛和肌肉收缩力量的影响,发现运动后经不同频率的TENS治疗,实验组在运动后24、48以及72h肌肉酸痛程度明显降低,表明TENS对肌肉酸痛的消除有积极作用;同时发现,TENS对肌肉功能和主观体力感觉的恢复无明显影响。电疗的镇痛作用可能是由于电刺激能够引起 β -内啡肽的释放所致。但是,也有研究发现电疗在消除肘伸肌的疼痛和恢复力量方面没有明显作用^[11]。

4.2 牵拉

有学者认为,运动前或运动后进行静力性牵拉可以作为防治DOMS的一个手段^[12],运动后对疼痛肌肉实施静力性牵拉,可以促使因组织损伤所导致的水肿的扩散,降低肌腱的紧张,使损伤后的粘联组织分离,提高局部肌肉组织的温度,改善血液循环^[13]。但是,大量的研究表明,运动前或运动后的牵拉并不能有效地预防和减轻DOMS症状^[14-16],甚至还会引起较强的肌肉疼痛感^[15]。因此,对牵拉防治DOMS的作用尚需进一步地研究。

4.3 按摩

按摩是一种教练员和运动员经常采用的放松手段,通过按摩可以阻止中性白细胞的聚集,减少前列腺素的合成,减少与炎症进程有关的损伤。然而,把按摩作为防治DOMS的方法,实验结果尚不一致。Smith等^[15]报道,运动后2h进行按摩30min,发现受试者血清CK水平下降。Hilber等^[17]发现,按摩不会提高DOMS后的腿部肌肉功能,但能够降低运动后48h的疼痛强度,并且认为按摩对心理的作用要大于对身体的作用。相反,Gulick等^[18]报道,按摩在减轻DOMS信号和症状方面没有作用。上述研究结果的差异可能与按摩技术、按摩手法、按摩强度、按摩时间、运动后何时实施按摩以及按摩肌肉的不同等有关。Ernst^[19]在总结有关文献后指出,尽管按摩在降低DOMS症状方面具有一定作用,但这种作用仍不能令人信服,尚需进行一些确定性的研究。

4.4 抗炎药物

一些学者认为,急性炎症是DOMS的基本机制,大强度离心运动后造成的组织损伤易引起发炎和肌肉水肿的积累,巨噬细胞合成并释放PGE₂,从而导致疼痛^[20,21]。基于这样的观点,研究者采用了一些抗炎药物来预防和治疗DOMS,但实验结果存在着分歧。

Francis等^[20]研究了服用阿司匹林对DOMS的影响,发现肘屈肌等动运动到力竭后,阿司匹林组肌肉疼痛在运动后48h比安慰剂组减少了25%,两组在24h和48h均表现出力量下降。Hasson^[21]的研究支持了Francis的结果。Hasson发现,使用抗炎药物异丁苯丙酸、地塞米松和阿司匹林能够明显降低运动后48h肌肉疼痛。但是,也有一些研究发现给予抗炎药物对肌肉疼痛没有影响。如Kuipers等^[22]研究了使用一种前列腺素抑制剂对6名男性自行车运动员以80%最大吸氧量完成3次30min的功率自行车运动后肌肉疼痛的影响,结果发现该抑制剂在运动后48h对肌肉疼痛没有作用,同时血清酶的活性也没有变化。

上述研究结果的差异可能与给药时间和给药剂量有关^[18,23]。Hasson等^[23]报道,每天3次,每次400mg的运动前预防性给药比运动后治疗性给药更能有效降低肌肉疼痛。从运动前4h到运动后48h每天4次给10g的阿司匹林也能降低肌肉疼痛^[20]。然而Donnelly采用Hasson所用剂量7倍的异丁苯丙酸却未发现该药的预防和治疗肌肉疼痛的作用,服药组血清CK处于较高水平。由于长期大剂量使用非固醇类抗炎药会给胃、肝和肾等器官造成损坏,因此应慎用。

4.5 运动

一些学者研究了运动对DOMS的影响,发现运动是有效的减轻DOMS症状的手段之一。Hasson等报道,在阶梯跑后24h进行高速向心等动运动,DOMS症状于48h明显减轻。Byrnes等发现,下坡跑后再进行3~6周的运动训练,能够显著减少疼痛症状和血清CK活性。但也有学者报道,运动并不能影响DOMS的自然恢复,即诱发DOMS后的运动不会造成DOMS症状的累加。Weber^[11]和Gulick^[18]分别发现,离心运动诱发DOMS后,上臂即刻运动8~10min,结果肌肉疼痛在运动后24、48以及72h与对照组相比没有明显差异。Donnelly等^[24]研究了轻微运动对DOMS的影响,结果表明,以25%的强度离心运动对肌肉疼痛没有影响。Nosaka等^[25]观察了连续离心运动对DOMS恢复的影响,第一次训练后第3天和第6天分别再训练一次,结果发现第3天和第6天的伸肘训练并不影响DOMS的恢复。马建、刘波等^[26,27]发现,重复不超过首次训练负荷的不间断连续离心运动不会影响首次训练产生的DOMS的恢复进程,也不会加重肌肉的损伤。他们又观察了连续2周以60%~80%递增负荷离心训练对DOMS肌肉功能的自然恢复过程的影响,结果发现,连续2周递增负荷训练对DOMS产生后肌肉工作能力的自然恢复过程没有影响,认为连续递增负荷训练过程中产生DOMS时无需停训休息,可以在训练中逐步自然恢复^[28]。

上述研究结果的不同,可能与受试者从事的运动方式、运动强度以及运动时间等有关^[18]。运动减轻疼痛的作用只是暂时的,一旦运动停止,疼痛很快恢复。这可能是由于最初的离心运动造成了应激敏感型纤维或易损纤维的损伤,这种损伤显示出肌肉疼痛、酶发生变化(血清CK升高)以及易损纤维减少。随后进行的运动则会造成较少的应激敏感型纤维或易损纤维的受损,因而降低肌肉疼痛。但是,由于受损肌纤维降解-再合成的进行,所以造成肌肉疼痛和CK水平只是暂时性的下降。另一个原因也可能是由于运动能够减少疼痛肌肉的粘联,增加血流量,提高有毒代谢物的排除,增加内啡肽所致。

4.6 中医在防治DOMS中的作用

祖国医学在运动性疲劳和DOMS发生机制认识上具有独特的见解。中医将劳力、劳役、强力举重、持重远行、疾走等劳动或运动称为“劳”,而竞技运动的强度远远大于劳动强度,因此,竞技运动必劳其筋骨,耗其大量精血、津、液。中医认为,肌肉与多脏腑功能都有关系。脾为后天之本,气血生化之源,脾主肌肉,与肌肉发育和肌肉功能关系密切,脾气充盛,则肌肉强健有力;脾病则“气日以衰,脉道不通,筋骨肌肉

皆无气以生”;肾藏精,主骨生髓,为先天之本,是体力产生的原动力和源泉;肝主筋,主疏泄,肝藏血。运动性疲劳和DOMS均属形体疲劳范畴^[29],其整体辨证应是脾气虚弱,营血郁滞,经脉不舒;局部辨证是局部负荷过大,营血郁滞,经脉不舒,经脉不通受阻致疲,不通则痛,筋肉发僵不舒。整体疗法应健脾益气,行气活血,解痉止痛;局部疗法应舒筋活血,行气止痛,温通经络。

马建、刘波等^[26-28,30-32]对中医药消除运动性肌肉疲劳进行了系列研究,发现单纯的中药熏洗、牵拉和推拿对DOMS的肌肉组织结构、代谢和功能改变的恢复和DOMS的消除有明显作用,外敷九九疲王按摩乳对DOMS后肌肉离心收缩有明显恢复作用,而内服九九疲王口服液对等长收缩力有明显恢复作用,对兔骨骼肌形态学、组织学等指标的恢复也有明显作用。杨维益等^[33]报道,运用补益与疏理肝气和脾气的中药制剂可使损伤的肌纤维基本恢复正常,并能纠正能量代谢的异常。王瑞元等^[34]发现,针刺可以阻遏大负荷离心运动引起的F-actin延迟性解聚加强,运动后F-actin延迟性解聚加强可能是导致延迟性肌肉酸痛及延迟性骨骼肌超微结构和功能改变的重要原因。梁飞等^[35]采用针灸疗法,观察了针灸消除大强度运动后疲劳的效果,发现针灸组受试者的主观体力感觉、运动心情评价、肌肉疼痛感觉和肌肉最大收缩力与对照组相比差异有显著性意义,在1周的恢复期中,针灸组以上各值的恢复远快于对照组。上述研究结果提示,中医药在防治DOMS方面具有诱人的研究前景,应进一步加大这方面的研究力度。

大强度、不适应的离心运动可诱发DOMS。DOMS的症状表现包括肌肉疼痛、僵硬、酸胀,肌肉工作能力下降,关节活动范围减少。虽然提出了很多的理论来解释DOMS,但DOMS产生的详细机制目前尚不清楚。DOMS防治的方法较多,然而效果上存在着一定的争议,运动是一种比较有效的减轻DOMS的方法。中医药在防治DOMS方面前景广阔。DOMS与肌肉适应性的问题是今后研究的一个重要方向。

参考文献:

- [1] Brenda N, James A. Effects of intermittent eccentric contractions on muscle microinjury[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1995, 27(10): 1378-1384.
- [2] Cheung K, Hume P A, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors[J]. *Sports Med*, 2003, 33(2): 145-164.
- [3] Evans D T, Smith L L, Chenier T C, et al. Changes in peak torque, limb volume and delayed onset muscle soreness following repetitive eccentric contractions[J]. *Int J Sports Med*, 1990, 11: 403.
- [4] Saxton J M, Clarkson P M, James R, et al. Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1995, 27(8): 1185-1193.
- [5] Clarkson P M, Nosaka K, Bruan B. Muscle function after exer-

- cise - induced muscle damage and rapid adaptation[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1992, 24(5): 512 - 520.
- [6] Gibala M J, MacDougall J D, Tamopolsky M A, et al. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise[J]. *J Appl Physiol*, 1995, 78(2): 702 - 708.
- [7] Lee J, Goldfarb A H, Rescino M H, et al. Eccentric exercise effect on blood ox - Idative - stress markers and delayed on Set of muscle soreness[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2002, 34(3): 443 - 448.
- [8] 田野, 戴维, 聂金雷. 不同频率电刺激对运动延迟性肌肉酸痛和肌肉收缩力量的影响[J]. *体育科学*, 2003, 23(2): 124 - 129.
- [9] Denegar C R, Huff C B. High and low frequency TENS in the treatment of induced musculoskeletal pain: a comparison study[J]. *J Athletic Train*, 1988, 23(3): 235 - 237, 258.
- [10] Lambert M I, Marcus P, Burgess T, et al. Electro - membrane microcurrent therapy reduces signs and symptoms of muscle damage[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2002, 34(4): 602 - 607.
- [11] Weber M D, Servedio F J, Woodall W R. The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness[J]. *J Sports Phys Ther*, 1994, 20(5): 236 - 242.
- [12] Wessel J, Wan A. Effect of stretching on the intensity of delayed - onset muscle soreness[J]. *Clin J Sports Med*, 1994, 4(2): 83 - 87.
- [13] Bobbert M F, Hollander A P, Huijing P A. Factors in delayed onset muscular soreness of man[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1986, 18(1): 75 - 81.
- [14] Johansson P H, Lindstrom L, Sundelin G, et al. The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise[J]. *Scand Med Sci Sports*, 1999, 9(4): 219 - 225.
- [15] Smith L L, Brunetz M H, Chenier T C, et al. The effects of static and ballistic stretching on delared onset muscle soreness and creatine kinase[J]. *Res Q Exerc Sport*, 1993, 64(1): 103 - 107.
- [16] Lund H, Vestergaard - Poulsen P, Kanstrup I L, et al. The effect of passive stretching on delayed onset muscle soreness, and other detrimental effects following eccentric exercise[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 1998, 8(4): 216 - 221.
- [17] Hilbert J E, Storz G A, Swensen T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness[J]. *Br J Sports Med*, 2003, 37: 72 - 75.
- [18] Gulick D T, Kimura I F, Sitler M, et al. Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness[J]. *J Athletic Train*, 1996, 31(2): 145 - 152.
- [19] Ernst E. Dose post - exercise massage treatment reduce delayed onset muscle soreness? (A Systematic Review)[J]. *Br J Sports Med*, 1998, 32: 212 - 214.
- [20] Francis K T, Hoobler T. Effects of aspirin on delayed onset muscle soreness[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 1987, 27(3): 333 - 337.
- [21] Hasson S M, Wible C L, Reich M, et al. Dexamethasone iontophoresis: effect on delayed muscle soreness and muscle function[J]. *Can J Sport Sci*, 1992, 17(1): 8 - 13.
- [22] Kuipers H, Keizer H A, Verstappen F T, et al. Influence of a prostaglandin inhibiting drug on muscle soreness after eccentric work[J]. *Int J Sports Med*, 1985, 6(6): 336 - 339.
- [23] Hasson S M, Daniels J C, Divine J G, et al. Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage, and performance: a preliminary investigation[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1993, 25(1): 9 - 17.
- [24] Donnelly A E, Clarkson P M, Maughan R J. Exercise - induced muscle damage: effects of light exercise on damaged muscle[J]. *Eur J Appl Physiol*, 1992, 64(4): 350 - 353.
- [25] Nosaka K, Clarkson P M. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1995, 27(9): 1263 - 1269.
- [26] 马建, 张世明, 刘波, 等. 中医外治方法对兔骨骼肌连续离心运动后形态学与组织病理学影响的实验研究[J]. *中国运动医学杂志*, 2000, 19(1): 19 - 24.
- [27] 马建, 张世明, 虞亚民, 等. 中医外治方法对连续离心运动后延迟性肌肉酸痛影响的临床实验研究[J]. *中国运动医学杂志*, 1999, 18(4): 361 - 364.
- [28] 马建, 刘波, 戴国刚, 等. 中医消除运动性疲劳动物实验研究——外用、内服中药对两周离心训练后兔骨骼肌形态学、组织学和细胞学影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2002, 21(2): 146 - 151.
- [29] 张世明, 叶锐彬, 虞亚民, 等. 运动性疲劳的中医分型和诊断标准的研究[J]. *中国运动医学杂志*, 2003, 22(1): 47 - 51.
- [30] 刘波, 张世明, 马建, 等. 中医外治法对肘屈肌连续离心训练作功及力矩的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2002, 21(2): 141 - 145.
- [31] 马建, 刘波, 罗小兵, 等. 中医消除运动性肌肉疲劳临床实验研究之一: 外用、内服中药对人体骨骼肌两周离心运动肌肉酸痛和形态学影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2002, 21(3): 268 - 273.
- [32] 刘波, 马建, 罗小兵, 等. 中医消除运动性肌肉疲劳临床实验研究之三: 肘屈肌连续递增负荷离心训练及中医恢复方法对肌肉工作能力的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2002, 21(5): 467 - 470.
- [33] 杨维益. 健脾理气法对骨骼肌能量代谢的研究[J]. *中国运动医学杂志*, 1994, 13(1): 28 - 31.
- [34] 王瑞元, 苑玉和, 田文秀, 等. 一次力竭性离心运动后大鼠骨骼肌 α -actin 代谢变化及针刺对其影响[J]. *体育科学*, 2002, 22(4): 95 - 99.
- [35] 梁飞, 罗东林, 侯运峰, 等. 针灸对消除大强度运动性疲劳的效果观察[J]. *北京体育大学学报*, 2003, 26(2): 192 - 194.