

## 运动性骨骼肌损伤的内稳态研究综述

付德荣<sup>1, 2</sup>, 刘承宜<sup>1</sup>, 孙小华<sup>2</sup>

(1. 华南师范大学 激光运动医学实验室和民族体质与健康研究中心, 广东 广州 510006;  
2. 广东体育职业技术学院, 广东 广州 510663)

**摘 要:** 从功能内稳态(function-specific homeostasis, FSH)角度分析 EIMD/DOMS 过程影响运动成绩的正常发挥, 而防治措施又大多无效这一现象, 结果发现力竭运动所致的 EIMD/DOMS, 骨骼肌蛋白质代谢远离了蛋白质代谢内稳态(protein metabolite specific homeostasis, PmSH), EIMD/DOMS 康复延迟, 外源性有利因素干预可促进 EIMD/DOMS 康复; 非力竭运动所致的 EIMD/DOMS, 蛋白质代谢处于 PmSH, EIMD/DOMS 正常康复, 外源性因素对 EIMD/DOMS 无明显影响作用。

**关 键 词:** 运动生理学; 运动性骨骼肌损伤; 延迟性肌肉酸痛; 内稳态; 蛋白质代谢; 综述  
**中图分类号:** G804.53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2011)01-0133-06

### Overview of researches on the homeostasis of exercise-induced skeletal muscle damage

FU De-rong<sup>1, 2</sup>, LIU Cheng-yi<sup>1</sup>, SUN Xiao-hua<sup>2</sup>

(1. Laboratory of Laser Sports Medicine and Research Center of Nationalistic Constitution and Health, South China Normal University, Guangzhou 510006, China; 2. Guangdong Vocational Institute of Sports, Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** From the perspective of function specific homeostasis, the authors analyzed such a sign as that the process of EIMD/DOMS affected the normal exertion of sports performance but preventive measures were mostly ineffective, and revealed the following findings: in EIMD/DOMS induced by exhaustive exercising, skeletal protein metabolism kept away from protein metabolism specific homeostasis (PmSH), and the recovery of EIMD/DOMS was delayed, but the intervention of exogenous favorable factors could promote the recovery of EIMD/DOMS; in EIMD/DOMS induced by non exhaustive exercising, protein metabolism was at PmSH, EIMD/DOMS recovered normally, so exogenous factors had no significant effects on EIMD/DOMS.

**Key words:** exercise physiology; exercise-induced skeletal muscle damage; delayed onset muscle soreness; homeostasis; protein metabolism; summary

运动性骨骼肌损伤(exercise-induced muscle damage, EIMD)常发生于运动员从事不习惯的运动、停训后再恢复训练或运动强度的突然增加之时, 表现为延迟性肌肉酸痛(delayed onset muscle soreness, DOMS)。EIMD/DOMS 在新运动员中的发生率远高于优秀运动员。离心运动是导致 EIMD/DOMS 最常见原因。EIMD/DOMS 发生后, 肌肉收缩功能下降, 肌力降低, 严重影响运动成绩的正常发挥。提高运动强度就会引

起 EIMD/DOMS。国内外学者对 EIMD/DOMS 的治疗进行了众多研究, 但大量的防治措施都基本无效<sup>[1-2]</sup>。EIMD/DOMS 的康复属于机体的功能, 大量治疗措施无效, 说明 EIMD/DOMS 可能处于功能内稳态(function-specific homeostasis, FSH)。本文通过对相关文献的综合评述, 从 FSH 的角度讨论 EIMD/DOMS, 为临床现象的理论解释和进一步的治疗提供理论依据。

收稿日期: 2010-06-15

基金项目: 国家自然科学基金(60878061)。

作者简介: 付德荣(1968-), 女, 博士研究生, 研究方向: 运动人体科学。通讯作者: 刘承宜教授。

## 1 内稳态及其在运动领域的应用

内稳态是维持生物系统内环境相对稳定的负反馈机制<sup>[3]</sup>。体温、血压、体重指数(body mass index, BMI)、钙离子和 pH 值等参数维持在一定的范围都是生命活动的基本保障,维持这些参数稳定的内稳态是生命系统的基本特征。生理学上描述内稳态的事例很多,如维持钙信号通路正常的钙内稳态<sup>[4]</sup>、维持血糖正常的葡萄糖内稳态<sup>[5]</sup>、维持血管舒缩功能正常的内皮细胞氧化还原内稳态<sup>[6]</sup>和维持细胞吞噬功能的免疫内稳态<sup>[7]</sup>等。Oyane 等<sup>[8]</sup>用情绪和行为的整体季节敏感性评分(global seasonality score, GSS)研究了季节变化对 BMI、血压、胆固醇、甘油三酯以及血糖等生理参数的影响。GSS 大于 11 属于季节性情感障碍(seasonal affective disorder, SAD)。GSS 为 8~10 时,机体处于亚 SAD。GSS 低于 8 的个体,机体功能处于内稳态,生理参数基本不受季节变化影响。GSS 高于 11 的个体,生理参数受季节影响较大,罹患心血管疾病及代谢紊乱综合症的比例增加<sup>[9]</sup>。运动降低 GSS<sup>[8]</sup>,促进内稳态的恢复,广泛用于各种慢性病的预防和治疗<sup>[10]</sup>。动脉血氧饱和度、血糖浓度、酸碱平衡、动脉血压、核心体温及血浆渗透压等内稳态是维持生命所必需。身体通过内稳态的负反馈机制维持上述各种生理指标的的稳定。极量运动(maximal exercise)导致偏离内稳态,机体以疲劳的形式来降低运动能力,防止绝对疲劳的发生及器官损伤<sup>[11]</sup>。运动疲劳的恢复便是偏离内稳态的各项生理指标恢复到正常内稳态状态<sup>[12]</sup>。

内稳态参数是一个动态变化的过程,其变化的程度随环境影响以及机体对这种影响的反应程度而起伏波动,波动的范围与机体的需要和机体的潜能相一致,实现对环境反应和内源性过程的最佳化<sup>[13]</sup>。刘承宜等<sup>[14]</sup>将内稳态对生理参数的稳定发展为对生物功能的稳定,提出了功能内稳态(function-specific homeostasis, FSH)的概念。FSH 是稳定维持生物系统功能的充分发挥的负反馈机制。一个生物系统处于 FSH 就是其功能相对稳定并得以正常发挥的状态。一个生物系统远离 FSH 就是其功能偏离正常,即我们通常所称的功能失调或功能障碍。在运动科学领域中,常见的内稳态都属于 FSH,如维持氧化抗氧化功能的线粒体氧化还原内稳态<sup>[15]</sup>、维持正常通气功能的呼吸内稳态<sup>[16]</sup>、维持代谢功能的能量内稳态<sup>[17]</sup>等。维持各种 FSH 不仅决定了运动员的训练状态及运动成绩,也明显影响着运动员的健康水平。长期营养不良是女运动员三联征(饮食失调、月经过少(闭经)及骨质疏松)的主要原因<sup>[17]</sup>。运动疲劳的产生与中枢控制及外周生理系统远离 FSH 密切相关<sup>[11]</sup>。

运动员的项目运动就是运动员的主要功能之一,相应的 FSH 称为项目内稳态(sport-specific homeostasis, SSH)。在一定训练方案的指导下,训练时间越长,运动水平越高,但若干周以后运动水平不再提高,形成训练平台。训练平台对应的运动员状态就是 SSH。SSH 维持项目运动能力的稳定发挥,保证运动过程的能量消耗最经济化和功率最大化。

FSH 品质包涵功能的复杂性与稳定性。对于 SSH,项目的运动成绩就表征了功能的复杂性,成绩越高,复杂性越高;项目成绩的可重复性就代表了功能发挥的稳定性,可重复性越好,功能发挥的稳定性越高。世界级优秀运动员在世界各地都可以重复运动成绩,但普通优秀运动员只能在少数几个地方可以重复运动成绩,前者的 SSH 品质显然高于后者。

FSH 具有抵抗内外干扰的能力。FSH 用大小相等但方向相反的抗衡来应对环境中的每一个变化或随机干扰,其目的就是维持相应的功能。在 Oyane 等<sup>[8]</sup>人的研究中,GSS 小于 8 的个体可以抵抗一年四季环境的变化,维持血压、胆固醇和女性 BMI 的稳定。GSS 越小,FSH 的品质越高,个体的寿命越长,抵抗慢性病等干扰的能力越强。优秀运动员的 SSH 品质高于普通人,他们不但寿命较长<sup>[18]</sup>,而且发病率风险较低,生活质量较高<sup>[9]</sup>。Rintamäki 等<sup>[9]</sup>用荟萃分析法研究了影响 30 岁以上芬兰人代谢综合征的危险因素。衰老属于危险因素,年龄越大,FSH 的品质越低,代谢综合征的可能性越大。受教育程度或运动强度属于保护因素,所受教育程度或运动强度越高,FSH 品质越高,代谢综合征的可能性越小。与低 GSS 相比,高 GSS 亦属危险因素。

## 2 功能内稳态与运动性骨骼肌损伤

Yu 等<sup>[20]</sup>从解剖学角度研究了 EIMD/DOMS 现象,发现被损伤的肌细胞内的蛋白质代谢过程是 EIMD/DOMS 的关键过程。人体离心运动后第 3 天,损伤的比目鱼肌纤维区缺乏肌联蛋白(titin)、伴肌动蛋白(nebulin)和  $\alpha$ -辅肌动蛋白(actinin),受影响区域大小不等,涉及数条肌纤维或多个肌节的连续 1~5 个 Z 盘的宽度,但结蛋白(desmin)和肌动蛋白不受影响,并在增宽区域见强染色的结蛋白和含有  $\alpha$ -辅肌动蛋白的新肌节出现,且肌纤维保持正常的组织结构。Yu 等<sup>[20]</sup>认为,运动激活的钙蛋白水解酶选择性地降解了肌联蛋白、伴肌动蛋白和  $\alpha$ -辅肌动蛋白,这是骨骼肌重塑的第一步,随后蛋白再合成开始,新的肌节形成。Liu TCY 等<sup>[21]</sup>进一步将 EIMD/DOMS 概括为 3 阶段模型,即 Z 线撕裂、损伤蛋白质降解和重建蛋白质合成

3 个主要阶段。蛋白质降解是蛋白质代谢的关键过程。Z 带撕裂造成的损伤蛋白质必须及时有效地清除, 否则蛋白质的合成就会受到抑制。

可以从 FSH 的角度理解 DOMS 现象。DOMS 前后骨骼肌的结构是完整的<sup>[20]</sup>。DOMS 的症状可自行缓解<sup>[22]</sup>, 损伤的肌纤维可恢复并有新生肌节的生成<sup>[20]</sup>。就运动员而言, 其 DOMS 前后的骨骼肌功能处于各自的 SSH, 分别表示为 SSH1 和 SSH2。DOMS 恢复后的骨骼肌结构较 DOMS 前有更多的肌节, 说明 SSH2 的品质高于 SSH1, 运动员可以取得更好的成绩。从 SSH1 到 SSH2 包含 Z 线撕裂处肌细胞内的蛋白质代谢过程、肌细胞外的炎症过程和工作肌的疼痛过程。蛋白质代谢由蛋白质代谢内稳态(protein metabolism specific homeostasis PmSH)维持。炎症过程由免疫内稳态(immunity-specific homeostasis, ISH)维持。PmSH 是该过程的关键。

血清肌酸激酶(creatine kinase CK)值是反映骨骼肌损伤的敏感指标<sup>[23-24]</sup>。CK 的变化水平与运动类型、运动强度相关<sup>[25]</sup>。增加的血清 CK 值与肌肉酸痛高度正相关<sup>[26]</sup>。

在非力竭或亚极量运动所诱导的 EIMD/DOMS 中, 血清 CK 的变化峰值出现在运动后的 48 h 前, 大部分出现在运动后的 24 h 前<sup>[23, 27-30]</sup>, 且下降幅度快, 多数在运动后 72 h 已基本接近安静时水平<sup>[23, 31-32]</sup>。此种 EIMD/DOMS 过程中的蛋白质代谢处于自身的 PmSH, 不但可以正常康复, 而且可以抵抗包括治疗手段在内的外界因素干扰, 因此几乎所有治疗方法都无法影响蛋白质代谢过程。付德荣等<sup>[30]</sup>的研究表明, 烟酸补充虽可增加组蛋白去乙酰化酶 1 的表达, 减轻离心运动大鼠骨骼肌炎症细胞的浸润程度, 降低氧化应激, 但不能影响血清 CK 水平、乳酸脱氢酶水平和蛋白质降解的关键酶 20S 蛋白质的表达。冷疗对普通人群骨骼肌创伤疗效显著, 但对成年男性 64 次肘曲抗阻运动后的 DOMS 症状无影响<sup>[33]</sup>。非类固醇抗炎药“炎痛昔康”及“布洛芬”可减轻组织充血、肿胀, 降低周围神经痛觉敏感性, 在临床上常用于解热、镇痛、抗炎, 但对 DOMS 症状无明显改善作用<sup>[34-35]</sup>。抗氧化剂鱼油及异黄酮补充不能改善成年男子 50 次最大等速肘曲抗阻运动所致的 DOMS 症状及血清 CK、白介素(interleukin, IL)6、丙二醛(malondialdehyde, MDA)及肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF) $\alpha$ 水平<sup>[22]</sup>。提前 2 周给予维生素 C 联合维生素 E 的补充同样不能改善离心运动后血清 CK、C-反应蛋白、羰化蛋白及过氧化物水平, 不能改善 DOMS 症状<sup>[36]</sup>。马拉松跑者提前 3 周补充辅酶 Q 与维生素 E 不能改善脂质过氧化反应及耗竭运动所致的骨骼肌损伤<sup>[37]</sup>。肌酸的补充同样

效果不佳<sup>[38]</sup>。

运动疲劳是已有内稳态的破坏<sup>[11]</sup>, 疲劳的恢复是让偏离内稳态的生理机能恢复到内稳态水平<sup>[12]</sup>。力竭运动导致疲劳<sup>[39]</sup>, 延长运动时间亦可引发疲劳产生<sup>[40]</sup>。对于疲劳运动诱导的 EIMD/DOMS, 血清 CK 的变化出现峰值延迟现象, 常在运动后 48 h 后甚至是 96 h 才出现<sup>[41-43]</sup>, 且下降缓慢, 在运动后的第 7 天仍明显高于安静时水平<sup>[41-42]</sup>。对于此种负荷下的 EIMD/DOMS, 肌纤维蛋白质代谢远离了 PmSH, 损伤肌纤维的康复过程延迟, 导致血清酶学改变恢复缓慢。远离 PmSH 的机体功能相对不稳定, 抗干扰能力降低, 恰当的外界因素可以改善并帮助恢复其 PmSH, 促进 DOMS 恢复。在大鼠力竭运动中, 补充辅酶 Q 可减少血清 CK 及谷草转氨酶(glutamic oxaloacetic transaminase, GOT)水平<sup>[44]</sup>。提前 4 周开始补充维生素 E 可减轻连续 6 d 马拉松跑者运动后血清 CK 及 LDH 水平, 减轻骨骼肌的损伤<sup>[45]</sup>。糖蛋白饮料补充可明显降低耗竭性运动后血清 CK 值, 并延长运动至疲劳的时间<sup>[46]</sup>。力竭运动大鼠补充 L-精氨酸, 血 CK、乳酸及尿酸水平值均低于对照组, 骨骼肌、肝、肾组织中黄嘌呤氧化酶、髓过氧化物酶及 MDA 的浓度也明显低于对照组<sup>[47]</sup>。肌酸补充明显降低成年男性离心运动后血清 CK 及 LDH 值, 并加强骨骼肌力量的恢复<sup>[41]</sup>。预热适应可降低力竭运动大鼠骨骼肌损伤程度<sup>[48]</sup>。激光治疗能促进力竭运动后大鼠损伤骨骼肌的恢复<sup>[49]</sup>。

炎症过程决定了 DOMS 的疼痛程度及时程, 机体 ISH 的品质影响炎症过程。ISH 由抗炎及致炎两组相互联系而作用拮抗的系列炎性细胞或因子组成<sup>[10, 50-51]</sup>。处于 PmSH 的 DOMS, 炎症可以处于 ISH, 也可以远离 ISH。由亚极量运动或时间相对较短的运动诱导的 DOMS 大多处于 ISH, 抗炎止痛治疗常常不能改善 DOMS 的肌肉酸痛肿胀感<sup>[22, 28, 34-36, 52-53]</sup>。对于运动时间较长或极量运动诱导的 DOMS, 虽然蛋白质代谢处于 PmSH, 但炎症过程大多远离了 ISH, 抗炎止痛治疗可以恢复或重建 ISH, 表现为 DOMS 症状的减轻<sup>[30, 54-56]</sup>。而疲劳运动诱导的 DOMS, 蛋白质代谢远离 PmSH, 炎症也远离 ISH, 几乎所有手段都可以减轻炎症的症状与疼痛程度<sup>[41, 44-45, 47-49]</sup>。

因此, 对于非力竭运动或亚极量运动诱导的 EIMD/DOMS, 蛋白质代谢处于 PmSH, 而炎症过程是否处于自身的 ISH 需依赖于具体情况。当炎症处于自身 ISH 时, 任何治疗方法均显示没有明显疗效。当炎症远离自身 ISH 时, 治疗手段可以减轻炎症及疼痛程度, 但对肌肉的功能改善并无明显作用。对于力竭运动所致的 EIMD/DOMS, 蛋白质代谢远离 PmSH, 炎症

过程远离 ISH, 几乎所有的治疗包括物理的、药物的、营养的等方法均可减轻炎症, 缓解疼痛, 改善肌肉功能。这说明不同的运动负荷对机体 PmSH 的影响不同, 力竭运动打破了 PmSH, 损伤骨骼肌的康复过程延迟, 外源性有利因素可促进蛋白质代谢功能的恢复, 有利于 EIMD/DOMS 康复。非力竭性运动骨骼肌处于 PmSH, 其蛋白质代谢功能稳定正常发挥, 损伤肌纤维可以正常康复, 这时外源性因素难以影响骨骼肌的功能, 对 EIMD/DOMS 的过程也就无明显影响作用。

生物体 FSH 是维持其功能正常发挥的基础, 偏离 FSH 引起功能低下。力竭运动引起的 EIMD/DOMS 远离 PmSH, 蛋白质代谢不能正常发挥, EIMD/DOMS 康复延迟, 给予适当的干预因素可以促进 PmSH 的建立, 促进 EIMD/DOMS 的康复。非力竭性运动引起的 EIMD/DOMS 处于 PmSH, 蛋白质代谢可以正常稳定地发挥, EIMD/DOMS 可以正常康复, 外源性干预因素很难影响骨骼肌的功能。

#### 参考文献:

- [1] Gulick D T, Kimura I F, Sittler M, et al. Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness[J]. *J Athl Train*, 1996, 31(2): 145-152.
- [2] Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors[J]. *Sports Med*, 2003, 33(2): 145-164.
- [3] Cannon W B. *The wisdom of the body*[M]. New York: WW Norton: 1932.
- [4] Demuro A, Parker I, Stutzmann G E. Calcium signaling and amyloid toxicity in Alzheimer's disease[J]. *J Biol Chem*, 2010, 285(17): 12463-12468.
- [5] Alvarez J A, Ashraf A. Role of vitamin d in insulin secretion and insulin sensitivity for glucose homeostasis[J]. *Int J Endocrinol*, 2010: 351-385.
- [6] Ling X, Cota-Gomez A, Flores N C, et al. Alterations in redox homeostasis and prostaglandins impair endothelial-dependent vasodilation in euglycemic autoimmune nonobese diabetic mice[J]. *Free Radic Biol Med*, 2005, 39(8): 1089-1098.
- [7] Dreux M, Chisari F V. Viruses and the autophagy machinery[J]. *Cell Cycle*, 2010, 9(7).
- [8] Øyane N M, Ursin R, Pallesen S, et al. Increased health risk in subjects with high self-reported seasonality[J]. *PLoS One*, 2010, 5(3): e9498.
- [9] Rintamäki R, Grimaldi S, Englund A, et al. Seasonal changes in mood and behavior are linked to metabolic syndrome[J]. *PLoS One*, 2008, 3(1): e1482.
- [10] Brandt C, Pedersen B K. The role of exercise-induced myokines in muscle homeostasis and the defense against chronic diseases[J]. *J Biomed Biotechnol*, 2010: 520-258.
- [11] Lambert E V, St Clair Gibson A, Noakes T D. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans[J]. *Br J Sports Med*, 2005, 39(1): 52-62.
- [12] Glaister M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness[J]. *Sports Med*, 2005, 35(9): 757-777.
- [13] Kryzhanovsky G N. Some categories of general pathology and biology: health, disease, homeostasis, sanogenesis, adaptation, immunity New approaches and notions[J]. *Pathophysiology*, 2004, 11(3): 135-138.
- [14] 刘承宜, 朱平. 低强度激光鼻腔内照射疗法[M]. 北京: 人民军医出版社, 2009: 8-12.
- [15] Ji L L, Gomez-Cabrera M C, Vina J. Exercise and hormesis: activation of cellular antioxidant signaling pathway[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2006, 1067: 425-435.
- [16] Poon C S, Tin C, Yu Y. Homeostasis of exercise hyperpnea and optimal sensorimotor integration: the internal model paradigm[J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2007, 159(1): 1-20.
- [17] De Souza M J, Williams N I. Physiological aspects and clinical sequelae of energy deficiency and hypoenzymism in exercising women[J]. *Hum Reprod Update*, 2004, 10(5): 433-448.
- [18] Sarna S, Sahi T, Koskenvuo M, et al. Increased life expectancy of world class male athletes[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1993, 25(2): 237-244.
- [19] Kujala U M, Marti P, Kaprio J, et al. Occurrence of chronic disease in former top-level athletes: Predominance of benefits, risks or selection effects?[J]. *Sports Med*, 2003, 33(8): 553-561.
- [20] Yu J G, Fürst D O, Thornell L E. The mode of myofibril remodelling in human skeletal muscle affected by EIMD/DOMS induced by eccentric contractions[J]. *Histochem Cell Biol*, 2003, 119(5): 383-393.
- [21] Liu TCY, Huang P, Liu X G, et al. Delayed onset muscle soreness: three-phase hypothesis and Its clinical

- applications[J]. *Med Sci Sport Exer*, 2006, 38(5): S124-S125.
- [22] Lenn J, Uhl T, Mattacola C, et al. The effects of fish oil and isoflavones on delayed onset muscle soreness[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2002, 34(10): 1605-1613.
- [23] Armstrong R B, OgiMe R W, Schwane J A. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle[J]. *J Appl Physiol*, 1983, 54(1): 80-93.
- [24] Schwane J A, Armstrong R B. Effect of training on skeletal muscle injury from downhill running in rats[J]. *J Appl Physiol*, 1983, 55(3): 969-975.
- [25] 周越, 李杨, 王瑞元, 等. 运动性骨骼肌损伤评价指标——血清 CK、LDH、Mb 的比较[J]. *中国运动医学杂志*, 2008, 27(2): 206-208.
- [26] 王清. 我国优秀运动员竞技能力状态诊断和检测系统的研究与建立[M]. 北京: 人民体育出版社, 2004: 480-484.
- [27] Su Q S, Tian Y, Zhang J G, et al. Effects of allicin supplementation on plasma markers of exercise-induced muscle damage, IL-6 and antioxidant capacity[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2008, 103(3): 275-283.
- [28] Close G L, Ashton T, Cable T, Effects of dietary carbohydrate on delayed onset muscle soreness and reactive oxygen species after contraction induced muscle damage[J]. *Br J Sports Med*, 2005, 39(12): 948-953.
- [29] Petersen E W, Ostrowski K, Ibfelt T, et al. Effect of vitamin supplementation on cytokine response and on muscle damage after strenuous exercise[J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2001, 280(6): C1570-1575.
- [30] 付德荣. 运动性骨骼肌损伤及其烟酸调节的分子机制[D]. 广州: 华南师范大学, 2010.
- [31] 苏全生. 运动性骨骼肌微损伤机制、监测指标及保护手段研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2006.
- [32] Robey E, Dawson B, Goodman C. Effect of post-exercise recovery procedures following strenuous stair-climb running[J]. *Res Sports Med*, 2009, 17(4): 245-259.
- [33] Paddon-Jones D J, Quigley B M. Effect of cryotherapy on muscle soreness and strength following eccentric exercise[J]. *Int J Sports Med*, 1997, 18(8): 588-593.
- [34] Croisier J L, Camus G, Monfils T, et al. Piroxicam fails to reduce myocellular enzyme leakage and delayed onset muscle soreness induced by isokinetic eccentric exercise[J]. *Mediators Inflamm*, 1996, 5(3): 230-234.
- [35] Tokmakidis S P, Kokkinidis E A, Smilios I, et al. The effects of ibuprofen on delayed muscle soreness and muscular performance after eccentric exercise[J]. *J Strength Cond Res*, 2003, 17(1): 53-59.
- [36] Bloomer R J, Falvo M J, Schilling B K, et al. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury[J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2007, 4: 9.
- [37] Kaikkonen J, Kosonen L, Nyssönen K, et al. Effect of combined coenzyme Q10 and d-alpha-tocopheryl acetate supplementation on exercise-induced lipid peroxidation and muscular damage: a placebo-controlled double-blind study in marathon runners[J]. *Free Radic Res*, 1998, 29(1): 85-92.
- [38] Rawson E S, Conti M P, Miles M P. Creatine supplementation does not reduce muscle damage or enhance recovery from resistance exercise[J]. *J Strength Cond Res*, 2007, 21(4): 1208-1213.
- [39] Jeffery M M, Kufel T J, Pineda L A. Quadriceps and diaphragmatic function after exhaustive cycle exercise in the healthy elderly[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2000, 162(5): 1760-1766.
- [40] Leppik J A, Aughey R J, Medved I, et al. Prolonged exercise to fatigue in humans impairs skeletal muscle  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$  activity, sarcoplasmic reticulum  $\text{Ca}^{2+}$  release, and  $\text{Ca}^{2+}$  uptake[J]. *J Appl Physiol*, 2004, 97(4): 1414-1423.
- [41] Cooke M B, Rybalka E, Williams A D, et al. Creatine supplementation enhances muscle force recovery after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals[J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2009, 6: 13.
- [42] Paulsen G, Benestad H B, Strøm-Gundersen I, et al. Delayed leukocytosis and cytokine response to high-force eccentric exercise[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2005, 37(11): 1877-1883.
- [43] Toft A D, Jensen L B, Bruunsgaard H, et al. Cytokine response to eccentric exercise in young and elderly humans[J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2002, 283(1): C289-295.
- [44] Kon M, Kimura F, Akimoto T, et al. Effect of Coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats[J]. *Exerc Immunol Rev*, 2007, 13: 76-88.
- [45] Itoh H, Ohkuwa T, Yamazaki Y, et al. Vitamin E supplementation attenuates leakage of enzymes follow-

ing 6 successive days of running training[J]. *Int J Sports Med*, 2000, 21(5): 369-374.

[46] Saunders M J, Kane M D, Todd M K. Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36(7): 1233-1238.

[47] Huang C C, Lin T J, Lu Y F, et al. Protective effects of L-arginine supplementation against exhaustive exercise-induced oxidative stress in young rat tissues[J]. *Chin J Physiol*, 2009, 52(5): 306-315.

[48] 李煊春. 预热适应对运动大鼠骨骼肌内质网应激影响及对骨骼肌保护作用的研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2009.

[49] 刘晓光. 低强度激光对运动性肌肉损伤的疗效及其机理研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.

[50] Gleeson M. Immune function in sport and exercise[J]. *J Appl Physiol*, 2007, 103(2): 693-699.

[51] Nieman D C, Henson D A, McAnulty S R, et al. Influence of vitamin C supplementation on oxidative and immune changes after an ultramarathon[J]. *J Appl Physiol*, 2002, 92(5): 1970-1977.

[52] Allen J D, Mattacola C G, Perrin D H. Effect of microcurrent stimulation on delayed-onset muscle soreness: a double-blind comparison[J]. *J Athl Train*, 1999, 34(4): 334-337.

[53] White J P, Wilson J M, Austin K G, et al. Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage[J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2008, 19: 5.

[54] Itoh K, Ochi H, Kitakoji H. Effects of tender point acupuncture on delayed onset muscle soreness (DOMS) - a pragmatic trial[J]. *Chin Med*, 2008, 3: 14.

[55] Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, et al. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function[J]. *J Athl Train*, 2005, 40(3): 174-180.

[56] Nieman D C, Davis J M, Henson D A, et al. Carbohydrate ingestion influences skeletal muscle cytokine mRNA and plasma cytokine levels after a 3-h run[J]. *J Appl Physiol*, 2003, 94(5): 1917-1925.

## 清华大学国际体育科学论文报告会暨 第22届泛亚体育科学大会征稿通知

2011年清华大学将迎来百年华诞,也正值学校建设世界一流大学之际,清华大学体育部将举办国际体育科学论文报告会暨第22届泛亚体育科学大会。将邀请与清华大学体育学科有合作关系的日本早稻田大学、筑波大学,韩国首尔大学,美国佛罗里达大学、印第安那大学、伊利诺伊大学、威斯康星大学、德国科隆体育大学、英国拉夫堡大学等一批专家学者就运动、健康、文化等进行学术交流。同时举办由亚洲以及亚洲以外的54个国家和地区(韩国、日本、美国、英国、法国、波兰、俄国、印度、伊朗、马来西亚、泰国、西班牙、津巴布韦、德国、澳大利亚、葡萄牙、突尼斯、越南、菲律宾、新加坡、尼日利亚、南非、丹麦、比利时、巴西、阿根廷、朝鲜、博茨瓦纳、中国香港、中华台北、中国澳门等)参与的“第22届泛亚体育科学大会”,为我国的体育科学研究提供一个国际间相互交流的平台。

### 一、会议名称及主题

会议名称: 清华大学国际体育科学论文报告会暨第22届泛亚体育科学大会

Sport Sciences academic report of Tsinghua University  
—The 22th Pan-Asian congress of Sports & Physical Education

会议主题: 体育“健康”文化

### 二、主办、协办单位、时间及地点

主办: 清华大学体育部、清华大学体育与健康科学研究中心、国家体育总局清华体育社会科学重点研究基地、泛亚体育科学学会

协办单位: 北京中奥硕博文化传播有限公司、International Journal of Eastern Sports & PE (IJESPE)、Pan-Asian Journal of Sports & Physical Education(PAJSPE)、中奥体育网

地点: 中国 北京 清华大学

时间: 2011年7月22日-24日

本次大会入选论文集将全部由国外学术出版社出版,并提交ISTP或EI检索。参会报名及论文投递详情见会议网站: [www.tiyusport.com.cn](http://www.tiyusport.com.cn)