

模拟手工搬举作业局部肌肉疲劳 相关代谢和炎症标志物研究

钟思武¹, 曲颖¹, 李珏², 贾宁¹, 王建国², 张雪艳¹, 晏彩欣², 徐擎¹, 张曦¹, 王忠旭¹

1. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所职业防护与工效学研究室 北京 100050;

2. 北京市化工职业病防治院, 100093

摘要: 目的 探讨中等负荷重复性手工搬举作业致局部肌肉疲劳作业者血生化指标与局部肌肉疲劳间的关系。方法 选取 5 名健康男性志愿者为研究对象, 对其进行重复性模拟手工搬举作业, 搬举 4 个时段 (T1 ~ T4), 每个时段 10 min, 每个时段后暂停 3 min, 对其局部肌肉进行主观疲劳感觉 (RPE) 评分, 同时采集肘静脉血检测血清钙离子、肌酸激酶、软骨寡聚基质蛋白 (COMP)、氨、乳酸、乳酸脱氢酶 (LDH)、C-反应蛋白 (CRP)、II 型胶原蛋白 C 末端端肽 (CTX-II) 指标。结果 研究对象 RPE 得分和血清肌酸激酶水平均随搬举时间的增加而增加 ($P < 0.05$)。研究对象在 T2、T3、T4 时段血清钙离子水平均高于 T1 时段 ($P < 0.05$); T3、T4 时段血清 COMP 水平均高于 T1 时段 ($P < 0.05$)。研究对象各搬举时段血清中氨、乳酸、LDH、CRP 和 CTX-II 分别比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。血清中肌酸激酶、钙离子和 LDH 水平均与 RPE 评分均呈正相关 (相关系数分别为 0.840、0.512 和 0.741, $P < 0.01$)。结论 血清肌酸激酶是反映肌肉疲劳的灵敏、有效、客观指标, 适合评价中等负荷重复性活动的疲劳进程; 血清钙离子与肌肉疲劳有良好相关性, 血清 COMP 在一定程度上可反映肌肉疲劳。

关键词: 手工搬举作业; 肌肉疲劳; 生物标志物; 相关性

中图分类号: R131

文献标识码: B

文章编号: 2095 - 2619(2019)02 - 0174 - 05

Research on metabolic and inflammatory biomarkers related to local muscle fatigue in workers with simulated manual lifting

ZHONG Siwu^{*}, QU Ying, LI Jue, JIA Ning, WANG Jianguo, ZHANG Xueyan, YAN Caixin, XU Qing, ZHANG Xi, WANG Zhongxu

^{*} Occupational Protection and Ergonomics Research Lab, National Institute of Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

Abstract: Objective To analyze the relationship between the blood biochemical indexes and the local muscle fatigue of operators with local muscle fatigue caused by moderate-load repetitive manual lifting. **Methods** Five healthy male volunteers were selected as the research subjects. They repeatedly performed simulated manual lifting operation for four periods (T1-T4), 10 minutes per period. Each period was suspended for 3 minutes to be accessed for the rating of perceived exertion (RPE) score of local muscle. Meanwhile, their venous blood was collected to be detected for serum calcium ion, creatine kinase, cartilage oligomeric matrix protein (COMP), ammonia, lactic acid, lactate dehydrogenase (LDH), C-reactive protein (CRP), and collagen type II C terminal telopeptide (CTX-II). **Results** The RPE score and serum creatine kinase level of the subjects increased with the increasing of lifting time ($P < 0.05$). Serum calcium ion levels in time periods T2, T3 and T4 were higher than that in T1 ($P < 0.05$). Serum COMP levels in T3 and T4 were higher than that in T1 ($P < 0.05$). The levels of ammonia, lactic acid, LDH, CRP and CTX-II in each time period showed no statistical significance ($P > 0.05$). Serum creatine kinase, calcium ion and LDH levels were positively correlated with RPE score (correlation coefficient were 0.840, 0.512, 0.741, respectively, $P < 0.01$). **Conclusion** Serum creatine kinase is a sensitive, effective and objective index reflecting muscle fatigue, which is suitable for evaluating the fatigue process of moderate-load repetitive activities. Serum calcium ion has a good correlation with muscle fatigue, and serum COMP can reflect muscle fatigue to some extent.

Key words: Manual lifting operation; Local muscle fatigue; Biomarker; Correlation

基金项目: “十二五”科技支撑计划项目(2014BAI12B03); 国家自然科学基金(81172643); 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所职业健康风险评估与国家职业卫生标准制定项目(131031109000150003)

作者简介: 钟思武(1990—) 男, 在读公共卫生硕士研究生, 主要从事人体工效学研究

通讯作者: 王忠旭研究员, E-mail: wangzhongxu2003@163.com

手工搬举作业所致工作相关肌肉骨骼疾患(work-related musculoskeletal disorders, WMSDs)被认为是影响全球相关行业工人工作满意度的主要因素之一^[1];其不仅损害工人健康,同时还可造成巨大的工业经济损失^[2-3]。持续的作业负荷可导致疲劳并逐渐累积,是导致 WMSDs 的主要原因。探索负荷-疲劳进程中可检测的特征性生物指标,有助于监测肌肉骨骼疲劳的早期进展,预防 WMSDs 的发生或进一步加重。肌肉骨骼疲劳损伤的生化指标可分为 4 大类:即代谢性指标、炎性指标、氧化应激指标和疼痛相关指标^[4]。其中常用的代谢性指标包括血清乳酸、乳酸脱氢酶(lactic dehydrogenase, LDH)、肌酸激酶、氨、软骨寡聚基质蛋白(cartilage oligomeric matrix protein, COMP)、II 型胶原蛋白 C 末端端肽(c-telopeptide of collagen II, CTX-II)、钙离子等;常用的炎性指标包括 C-反应蛋白(C-reaction protein, CRP)、白细胞介素、肿瘤坏死因子 α 等^[5]。本研究通过模拟手工搬举作业,对代谢性和炎性相关标志物在人体负荷-疲劳进程中的变化进行探讨,为进一步定量评定疲劳和早期预防 WMSDs 提供数据基础。

1 对象和方法

1.1 对象 选择 5 名健康男性志愿者为研究对象。研究对象入选标准:①年龄、身高、体质量和皮褶厚度相近;②未接受过如体能、力量训练等专业训练;③既往无肌肉骨骼疾患史;④试验前 1 周内无重体力劳动或剧烈运动;⑤试验前 1 周内无上呼吸道感染、发热等炎症反应,无服用药物。本研究经中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所医学伦理委员会审查批准,研究对象均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 模拟负荷及动作设定 由于不同搬举姿势、高度、质量、频次及持续时间等因素可影响搬举最大可接受质量,综合本研究设定的搬举参数,本试验属于中等负荷的重复性搬举作业^[6]。搬举全程分为 4 个时段,依次记为 T₁、T₂、T₃、T₄ 段,每个时段 10 min(预计每个时段完成 75 次搬举活动)。研究对象每 8 s 完成 1 次搬举活动,将 8 kg 木箱(60 cm × 40 cm × 25 cm)往返从 L 型布置台基面(台基高 43 cm)的一侧搬至另一侧,直至 4 个时段结束或力竭(研究对象由于疲劳不能按要求完成搬举活动);搬举相对高度为 42 cm(即搬举最高点距台基面垂直距离)。每个时段后暂停 3 min,采集研究对象血液标本后,继续下一时段搬举活动。静息状态时段记为 T₀ 段,为研究对象进入

试验室静止休息 20 min 后;试验终点为研究对象 T₁ ~ T₄ 段 4 个时段搬举活动全部结束或感到力竭时。

1.2.2 主观疲劳感调查 采用《主观体力感觉等级表》评价研究对象的主观疲劳感觉(rating of perceived exertion, RPE)情况,以反映其劳动负荷主观感觉^[7-8]。该指标以体力活动时身体的主观感觉作为心理负荷的标志,可相对可靠地反映身体功能的一种变化,如心率加速、呼吸加快、出汗增加、摄氧量增加、通气阈上升以及肌肉疲劳等。本研究于 T₀ 及 T₁ ~ T₄ 每个时段搬举结束后询问研究对象的前臂、上臂、腰部和腿部的 subjective 疲劳感,根据表 1 进行 RPE 评分。

表 1 RPE 量表^[7]

主观感觉	RPE 分值(分)
根本不费力	6.00
非常轻松	7.00
极其轻松	8.00
很轻松 ^a	9.00、10.00
尚轻松	11.00
轻松	12.00
有点累	13.00
稍累 ^a	14.00、15.00
累 ^a	16.00、17.00
很累	18.00
极累	19.00
精疲力竭	20.00

注:^a 实际应用中,受试者可连续出现 2 次相同的主观疲劳感觉,第 1 次出现某主观感觉时,评分为较小值;第 2 次(连续)出现该相同主观感觉时,调查者通过监测设备观察其呼吸、出汗量或心率,若有明显改变,第 2 次评分可用该主观感觉的较大分值进行评分;若无明显变化,则第 2 次评分仍用较小分值

1.2.3 血生化指标采集及检测 于 T₀ 段及 T₁ ~ T₄ 每个时段结束后,各采集研究对象肘静脉血 3 mL/人,共采集 5 次。血样静置 15 min 后,1 000 × g 离心 20 min,取上清液。采用 7100 型日立全自动生化仪(日本日立公司),根据血清氨、血乳酸、LDH、肌酸激酶、钙离子和 CRP 检测试剂盒(北京世纪沃德生物公司)、COMP 检测试剂盒(美国 R&D 生物公司)和 CTX-II 检测试剂盒(武汉优尔生生物公司)说明书步骤检测血清氨、血乳酸、LDH、肌酸激酶、钙离子和 CRP、COMP 和 CTX-II 水平。

1.3 质量控制 严格按照受试者的入选标准选择研究对象;试验前对研究对象的搬举动作和搬举节奏进行统一培训;试验过程中调查者进行实时观察,以保证研究对象按要求进行试验;由专业采血及样本检测

技术人员对样本进行采集、处理,维持血样适宜保存环境并及时送检。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。计量资料经正态性检验符合正态分布者,以 $\bar{x} \pm s$ 描述;采用重复测量方差法分析各指标的时间变化趋势,组间均数两两比较采用 LSD 法;血生化指标与 RPE 评分的相关性分析采用 Pearson 相关分析,用相关系数(r)描述;检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 基本情况 研究对象年龄为 24.0 ~ 25.0(24.8 ± 0.4) 岁,身高为 165.5 ~ 178.0(173.4 ± 5.1) cm,体质量为 52.9 ~ 70.8(63.7 ± 7.3) kg,体质指数为 19.0 ~ 23.6(21.2 ± 1.9) kg/m²,肱三头肌皮褶厚度为 10.8 ~ 25.0(17.6 ± 5.6) mm,肩胛下皮褶厚度为 13.2 ~ 26.1(18.6 ± 5.1) mm。

2.2 RPE 评分 RPE 得分在 4 个时段间的变化量均

为正值,各时段间比较,差异有统计学意义($P < 0.01$)。各时段相邻时间点间两两比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),具体表现为 T1、T2 段呈快速上升,T3、T4 段呈缓慢上升。见表 2。

2.3 血生化指标变化情况 组织代谢标志物中血清肌酸激酶、LDH、COMP、CTX-II 在 T1 ~ T4 段的变化量均为正值,血清钙离子的变化量有正有负。各时段间钙离子、肌酸激酶和 COMP 水平分别比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);其中,血清钙离子在 T1 段呈下降趋势,T2 段呈上升趋势($P < 0.05$),T3 段呈下降趋势($P < 0.05$),T4 段呈平稳趋势,其整体随搬举时间及 RPE 得分的变化均呈先升后降的变化趋势;血清肌酸激酶在 4 个时段相邻时间点间两两比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),其整体随搬举时间及 RPE 变化呈持续快速上升的变化趋势;血清 COMP 在 T1 时段呈快速上升,T2 ~ T4 段缓慢上升,但 4 个时段相邻时间点间两两比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2、图 1、图 2。

表 2 5 名研究对象 RPE 得分和血生化指标在不同时段的变化 ($\bar{x} \pm s$)

指标	人数	T0	T1	T2	T3	T4	F 值	P 值
RPE 得分(分)	5	7.20 ± 1.30	10.83 ± 0.90 ^a	12.43 ± 0.63 ^{ab}	13.13 ± 0.68 ^{abc}	14.27 ± 0.83 ^{abcd}	52.02	0.01
钙离子(mmol/L)	5	2.21 ± 0.04	2.20 ± 0.07	2.26 ± 0.07 ^b	2.23 ± 0.08 ^{bc}	2.24 ± 0.09 ^b	3.17	0.04
肌酸激酶(U/L)	5	99.20 ± 19.20	105.80 ± 21.66 ^a	110.00 ± 22.75 ^{ab}	113.40 ± 23.82 ^{abc}	117.00 ± 25.56 ^{abcd}	12.68	0.02
COMP(μg/L)	5	147.04 ± 54.27	180.47 ± 65.76	181.62 ± 50.02	184.11 ± 58.71 ^a	196.38 ± 68.40 ^a	5.80	0.01
血清氨(μmol/L)	5	42.58 ± 5.68	48.54 ± 12.64	47.26 ± 10.83	46.42 ± 11.38	46.44 ± 12.11	1.35	0.30
血乳酸(mmol/L)	5	4.81 ± 0.92	5.13 ± 1.69	4.68 ± 1.70	4.42 ± 1.37	4.37 ± 1.72	1.65	0.26
LDH(U/L)	5	162.60 ± 20.23	164.60 ± 17.98	170.20 ± 22.57	171.20 ± 20.71	171.80 ± 2.34	2.64	0.07
CRP(mg/L)	5	0.78 ± 0.24	0.90 ± 0.35	0.92 ± 0.38	0.94 ± 0.22	0.86 ± 0.26	0.98	0.45
CTX-II(ng/L)	5	282.26 ± 45.54	322.69 ± 125.41	335.75 ± 128.61	369.92 ± 171.55	365.90 ± 173.93	0.54	0.71

注:与 T0 段比较,^a $P < 0.05$;与 T1 段比较,^b $P < 0.05$;与 T2 段比较,^c $P < 0.05$;与 T3 段比较,^d $P < 0.05$

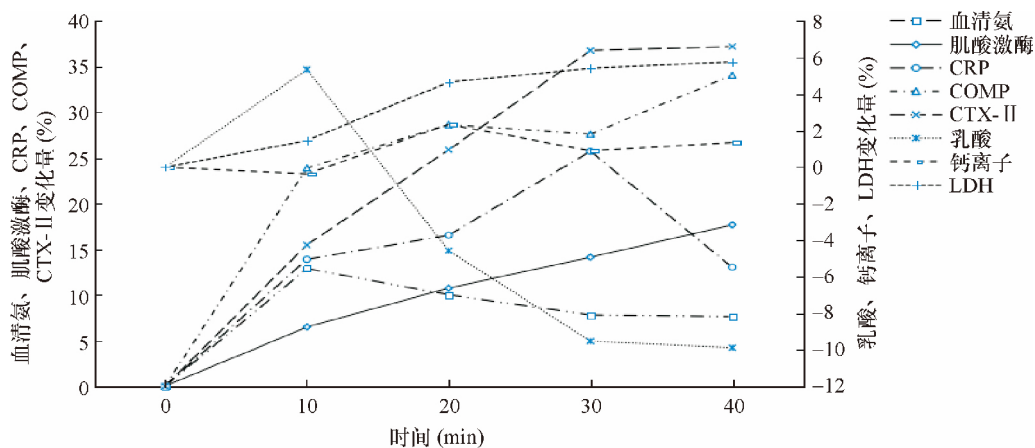


图 1 研究对象各生化指标变化量随时间变化趋势

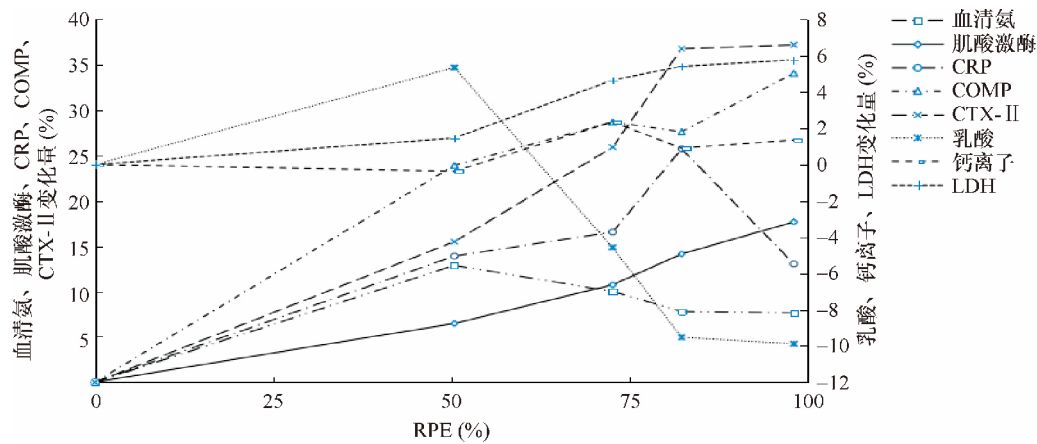


图2 研究对象各生化指标变化量随 RPE 变化趋势

2.4 血生化指标间相关分析 研究对象血清乳酸与血清氨水平呈正相关($r = 0.769, P < 0.01$);血清肌酸激酶与血清钙离子、LDH 均呈正相关(r 分别为 0.766 和 0.727, $P < 0.01$);血清 LDH 与血清钙离子呈正相关($r = 0.531, P < 0.05$);血清 COMP 与血清 CTX-II 呈负相关($r = -0.573, P < 0.01$);其余血生化指标间无相关关系($P > 0.05$)。

2.5 血生化指标与 RPE 评分相关分析 血清中肌酸激酶、钙离子、LDH 与 RPE 评分均呈正相关(r 分别为 0.840、0.512 和 0.741, $P < 0.01$),其余血生化指标与 RPE 评分无相关关系($P > 0.05$)。

3 讨论

运动性疲劳的生物力学机制认为:局部肌肉组织在各种强度的外负荷作用下可能发生形状改变,同时伴有相应内负荷反应^[9],其中包括肌细胞能量代谢变化和自由基、脂质过氧化增多等代谢改变^[5]。骨骼肌在外负荷及局部内环境改变的共同作用下产生超微结构损伤^[10],使肌细胞膜系统流动性及完整性发生变化,细胞内活性物质渗漏至周围血,同时产生系列炎症反应。本研究通过模拟中等负荷重复性搬举作业,对人体血生化指标进行连续多次检测,观察其随时间负荷和主观疲劳程度变化的规律,探讨代谢和炎症生化指标与疲劳间的关系,为客观判定疲劳提供科学依据。

大鼠动态负荷模型研究发现,持续负荷作用后的大鼠血清肌酸激酶和 LDH 水平均升高($P < 0.05$)^[11-12]。赵霞等^[13]和 YANG 等^[14]研究发现,人工拧螺丝或重复性搬举作业后,研究对象血清肌酸激酶和 LDH 水平均升高($P < 0.05$)。本研究发现,研究对象血清肌酸激酶水平随搬举时间和 RPE 分值的增加均呈升高趋势($P < 0.05$);提示血清肌酸激酶水平随主观疲劳程度的增加而升高,疲劳程度越高,肌酸

激酶水平变化越大。而本研究观察到研究对象血清 LDH 水平在各时段间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);可能为样本量较小,差异不明显。血清肌酸激酶和 LDH 水平与 RPE 评分呈正相关($P < 0.05$)。长时间一定负荷重复性动态活动后,肌细胞膜系统结构发生改变,胞内活性酶逸出进入周围血。因此,血清肌酸激酶与主观疲劳有较好相关性,能较好反映疲劳进程。

血清氨和乳酸是运动生理常用的研究指标。有研究表明,可使血清氨水平增高的临界运动强度为 60%~70% 最大摄氧量;当运动强度超过该临界值时,血清氨水平随运动强度的增加而升高^[15]。WILKINSON 等^[16]研究表明,激活快肌纤维的强度阈值为 150 W,随负荷累积,将有更多的快肌纤维参与做功,因而产生更多的血清氨及乳酸。本研究发现,研究对象 4 个时段血清氨和乳酸水平分别比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。这可能是作业负荷未达到临界运动强度所致。本研究发现,血清乳酸与氨水平呈正相关($P < 0.01$);提示两者在疲劳进程中具有某种关系,需进一步研究。

大鼠急性运动至疲劳状态时,其血清钙离子水平降低($P < 0.05$)^[11]。与动物研究结果不同,LOMBARDI 等^[17]研究发现,长时间运动后,人血清钙离子水平上升,血清总钙不变。赵霞等^[13]研究发现,受试者作业至疲劳状态时,其血清钙离子水平升高($P < 0.05$)。本研究发现,血清钙离子水平在搬举 T2 段呈上升趋势($P < 0.05$);可能为肌肉疲劳导致肌细胞膜系统流动性改变,钙离子外流所致。本研究发现,血清钙离子水平与 RPE 呈中度正相关,表明血清中钙离子与主观疲劳有较好相关性。

血清 COMP 和 CTX-II 在临床常作为骨关节、软骨损伤的研究指标。HELAL 等^[18]研究发现,赛马血清中 COMP 水平随运动负荷的增加而升高。CHRISTIAN 等^[19]研究发现,人运动后血清中 COMP

水平升高 ($P < 0.01$)。本研究发现,研究对象各时段间血清 COMP 水平比较,差异有统计学意义 ($P < 0.01$),且血清 COMP 水平随时间变化有升高趋势,与 FIRNER 等^[20]研究结果一致。血清 COMP 水平的升高可能与活动过程中关节软骨代谢有关,因此,本研究血清 COMP 水平变化与累积作业时间有较好一致性,可间接反映疲劳进程。有研究指出,尿 CTX-II 在下肢肌肉骨骼损伤中是异常生物学过程改变的一种客观标志^[21]。本研究发现,研究对象 4 个时段血清 CTX-II 水平比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$);可能为搬举负荷不足,未能使肌肉骨骼组织产生明显组织代谢变化。CRP 作为一种急性时相反应蛋白,是炎症组织损伤的标志物。RECHARDT 等^[22]研究发现,伴有肩部疼痛症状的女性,其血清 CRP 水平较高,表明早期肌肉骨骼损伤存在炎症反应,CRP 是其中的敏感指标之一。亦有研究发现,血清中 CRP 水平与肌肉力量呈负相关^[23]。本研究发现,研究对象 4 个时段血清 CRP 水平有一定变化,但差异无统计学意义 ($P > 0.05$),需扩大样本量进一步研究。

本研究存在以下局限性:①样本量较少,数据稳定性可能欠佳;②各模拟作业负荷(包括质量、频次和总时间负荷)可能设置不够合理,导致总负荷不足,未达预期效果;③由于每 2 个作业时段间需要采血,时间约为 3 min,使得肌肉、关节持续活动产生的疲劳进程得到一定程度缓解。作业持续时间是影响中等负荷重复性活动的重要因素,合理安排作业时间对减缓疲劳有重要意义。本研究中代谢生物指标血清肌酸激酶是反映肌肉疲劳的灵敏、有效、客观指标;血清钙离子水平与肌肉疲劳有良好相关性,血清 COMP 指标在一定程度上可反映肌肉疲劳。血清中乳酸、LDH、氨、CTX-II 和 CRP 在本研究与主观疲劳关系不明显,但仍表现出一定价值,需进一步的探索研究。

参考文献

[1] SHAIR E F, AHMAD S A, MARHABAN M H, et al. EMG processing based measures of fatigue assessment during manual lifting [J]. Biomed Res Int 2017(3):1-12.
 [2] 王忠旭. 工作相关肌肉骨骼疾患及其评估方法的研究进展 [J]. 中国工业医学杂志 2016 29(4):243.
 [3] 唐历华, 吕海峰, 王忠旭 等. 民航手工搬举作业人员下背痛现状与预防 [J]. 中国工业医学杂志 2017 30(2):152-155.
 [4] 曲颖, 王忠旭. 工作相关肌肉骨骼损伤生物标志物的研究进展 [J]. 环境与职业医学 2017 34(9):817-825.
 [5] FINSTERER J. Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise [J]. BMC Musculoskelet Disord 2012 13(1):1-13.
 [6] WU S P. Maximum acceptable weight of lift by Chinese experienced

male manual handlers [J]. Appl Ergon 1997 28(4):237-244.
 [7] BORG G A. Psychophysical bases of perceived exertion [J]. Med Sci Sports Exerc 1982 14(5):377-381.
 [8] 孙贵范. 职业卫生与职业医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社 2012: 30-31.
 [9] 杨敬林, 贾光, 余善法. 职业性肌肉骨骼损伤的流行现状及预防策略 [J]. 中华预防医学杂志 2013 47(5):403-408.
 [10] 郭鑫, 于天源, 周婧, 等. 肌肉疲劳及肌肉损伤机制研究综述 [J]. 中华中医药杂志 2016 31(7):2720-2723.
 [11] 华冰. 大鼠急性离心运动后血 IL-6、CK、CK-MM 和 Ca^{2+} 变化的比较 [J]. 浙江体育科学 2009 31(4):98-100.
 [12] 卢洋, 蔡明, 魏安奎. 大鼠进行不同强度运动时血清肌酸激酶的变化 [J]. 体育研究与教育 2013 28(s1):126-128.
 [13] 赵霞, 孙伟, 李珏, 等. 模拟持铆钉枪拧螺丝作业者腕部肌肉负荷和血生化指标的关联性分析 [J]. 环境与职业医学 2015 32(5):385-392.
 [14] YANG G, MARRAS W S, BEST T M. The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure [J]. Clin Biomech 2011 26(5):431-437.
 [15] 朱启娥. 血氨对运动应答的变化规律及应用方法研究 [J]. 咸宁学院学报 2010 30(6):96-98.
 [16] WILKINSON D J, SMEETON N J, WATT P W. Ammonia metabolism, the brain and fatigue: revisiting the link [J]. Prog Neurobiol 2010 91(3):200-219.
 [17] LOMBARDI G, CORSETTI R, LANTERI P, et al. Reciprocal regulation of calcium-/phosphate-regulating hormones in cyclists during the Giro d'Italia 3-week stage race [J]. Scand J Med Sci Sports 2015 24(5):779-787.
 [18] HELAL I E, MISUMI K, TATENO O, et al. Effect of exercise on serum concentration of cartilage oligomeric matrix protein in Thoroughbreds [J]. Am J Vet Res 2007 68(2):134-140.
 [19] CHRISTIAN M, NUSSBAUM M A. An exploratory study of the effects of occupational exposure to physical demands on biomarkers of cartilage and muscle damage [J]. J Occup Environ Hyg 2015 12(2):138-144.
 [20] FIRNER S, WILLWACHER S, de MARIÉS M, et al. Effect of increased mechanical knee joint loading during running on the serum concentration of cartilage oligomeric matrix protein (COMP) [J]. J Orthop Res 2018 36(7):1937-1946.
 [21] GARNERO P, MAZIORES B, GUIGUEN A, et al. Cross-sectional association of 10 molecular markers of bone, cartilage, and synovium with disease activity and radiological joint damage in patients with hip osteoarthritis: the ECHODIAH cohort [J]. J Rheumatol 2005 32(4):697-703.
 [22] RECHARDT M, SHIRI R, KARPPINEN J, et al. Lifestyle and metabolic factors in relation to shoulder pain and rotator cuff tendinitis: a population-based study [J]. BMC Musculoskelet Disord 2010 11:165.
 [23] 顾叶青, 吴红梅, 楚佳琪, 等. 天津市某区体检老年人血清 C 反应蛋白浓度与肌肉力量和身体活动能力关系的研究 [J]. 中华健康管理学杂志 2016 10(4):286-290.

收稿日期:2018-11-29 修回日期:2019-01-16 责任编辑:李禧娜