

文章编号: 1671-4229(2018)05-0028-07

远红外陶瓷微珠干预对急性损伤大鼠 LZM、MPO、IL-8 和 IL-10 指标影响的研究

何建伟^{1,2*}, 刘学谦², 吴朱艳³, 许 剑², 詹金添¹, 林秋华⁴, 赵广高⁵

(1. 莆田学院 体育学院 福建 莆田 351100; 2. 广州大学 体育学院 广东 广州 510006;

3. 集美大学 体育学院 福建 厦门 361021; 4. 厦门大学 体育教学部 福建 厦门 361005;

5. 南昌大学 体育系 江西 南昌 330031)

摘要: 利用远红外陶瓷微珠作为干预手段,对大鼠肌肉急性损伤后进行恢复治疗,探讨其对骨骼肌炎症指标 LZM、MPO 和免疫学 IL-10、IL-8 指标的影响。将 88 只 SD 雄性大鼠分为 A 组安静对照组; B 组模型组; C 组模型 + 热水组; D 组模型 + 陶瓷微珠组。大鼠急性损伤造模成功后自然休息 48 h 后,各组实验大鼠按照设计分别取干预后第 3 d、4 d、6 d、7 d 时相点数据进行组内、组间分析。结果:①干预后第 3 d, D 组血 LZM、IL-10 恢复后各时相水平均显著高于自然恢复 B 组与模型 C 组($P < 0.05$); ②干预后 7 d, D 组血 MPO、IL-8 恢复水平均显著低于自然恢复 B 组与模型 C 组($P < 0.01$)。结论:①远红外陶瓷微珠干预下,发现降低了 MPO 水平而提升了 LZM 水平,说明干预后急性损伤炎症细胞对损伤肌肉的破坏进一步减小; ②远红外陶瓷微珠干预可提升 IL-10 浓度水平和降低 IL-8 的浓度水平,验证其影响炎症反应过程,促进急性损伤的快速恢复。

关键词: 远红外陶瓷微珠; 白介素-10; 溶菌酶; 急性损伤; 血清髓过氧化物酶

中图分类号: G 423.07 **文献标志码:** A

波长为 8 ~ 14 μm 远红外线被称为“生命光波”,具备很强的渗透力、辐射能力和显著的共振、温控效应^[1]。可将此波段远红外热能快速传递到人体皮下的深层部分,并且扩张了皮下深层的毛细血管,加速了血液的流动和组织之间的新陈代谢,从而有效促进疲劳的快速恢复、骨骼肌微损伤的快速恢复等^[2]。远红外陶瓷微珠加热之后尤其是共振和温控作用,这是传统红外产品所不具备的,通过共振将能量最大化的传递到皮下组织,对机体的作用机理机制值得研究^[3]。本研究利用清华大学新型陶瓷与精细工艺国家重点实验室已研制成型的 863 计划远红外陶瓷微珠(FICM)产品为依托,以 FICM 作为实验干预手段对急性损伤大鼠进行治疗恢复,探讨其对骨骼肌血清炎症指标 LZM、MPO 和免疫学 IL-10、IL-8 指

标的影响。

1 研究对象与方法

1.1 实验对象、造模与分组

(1) 健康雄性 SD 大鼠 88 只(8 只/组 × 11 组),体重 160 ± 11 g,专用大鼠、饲料均由湖南斯莱克景达实验动物有限公司提供。饲养条件严格按照要求进行:大鼠每笼 8 只,自由进食,分笼饲养。饮用水为纯净水,湿度 35% ~ 48%,保持 18 °C ~ 22 °C 室内动物房温度,通风良好,在专业的动物房饲养。所有大鼠购回后饲养 4 周,体重达 280 ± 30 g,符合实验要求随机分组,按急性骨骼肌损伤进行造模。

(2) 实验动物模型的建立:自制重物下砸仪为

收稿日期: 2018-09-03; 修回日期: 2018-10-14

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2016J01404); 莆田学院育苗基金资助项目(2017014); 莆田学院国家基金预研资助项目(2016076); 国家体育总局科技服务资助项目(2017HT008)。

作者简介: 何建伟(1973—),男,副教授,博士。E-mail: 362156669@qq.com

* 通信作者。E-mail: 362156669@qq.com

— V 形钝头木制圆锥体,重量为 617.5 g,长度为 37.4 cm,从离地面 43.2 cm 高处自由垂直落下,接触面积为 1 cm^2 ,动能为 2 646 J,解剖证实此法所致的肌肉钝挫伤的成功率为 100%,按照参考 Kami 等成熟的大鼠骨骼肌急性钝挫伤模型制作方法进行^[1],将大鼠右后肢置于膝伸、踝背屈 90° 位,利用上述“自制重物下砸仪”打击右侧腓肠肌中点。大鼠急性损伤成功造模后,自然恢复 48 h 后敷以透气棉纸,C 组将加热至 45°C 的水加入已准备好的热水袋中,大鼠受伤双腿上绑好透明纱布热敷 15 min,然后解开休息;D 组将加热至 45°C 的 FICM 装入已准备好的自制袋中,用透明纱布绑上大鼠受伤双腿热敷 15 min,之后解开休息^[4],每日 1 次,每次 15 min,共敷 7 d。

(3) 动物实验分为 4 组

A 组:自然无损伤对照组,1 组;

B 组:受伤后自然恢复组,分第 3、4、6 和 7 d 组,共 4 组;

C 组:受伤后常规方式恢复组(温水热敷组),分第 4、6 和 7 d 组,共 3 组;

D 组:受伤后陶瓷微珠干预组,分第 4、6 和 7 d 组,共 3 组。

1.2 时相点的选取

按照设计分组,各组大鼠分别于自然无损伤时、受伤后自然恢复组、干预后第 3、4、6 和 7 d,共 11 组,对选取的指标 MPO、LZM、IL-10、IL-8 采集各个时相点数据进行分析。

1.3 测试样本采集、处理和测试

严格按照实验设计的各个分组,大鼠用 2% 戊巴比妥钠腹腔麻醉($25 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ 体重),之后腹腔解剖取心脏血 2 管,1 管为 EDTA 抗凝剂真空管,血量 2 mL,用来检测血 MPO 和 LZM 指标;另 1 管取血 5 mL,静置 30 min 后以 $3\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min,分离血清,用于检测血 IL-8 和 IL-10 指标,将处理好的血清分组、试管分装保存于冰箱留实验待用,实验使用仪器见表 1。

表 1 ELISA 实验仪器情况表

Table 1 Profile of ELISA experimental apparatus

仪器名称	型号	生产厂家
酶标仪	DENLEY DRAGON Wellscan MK 3	芬兰 Thermo
洗板机	Wellwash 4 MK2	芬兰 Thermo
数字显示隔水式电热恒温培养箱	PYX-DHS	上海跃进医疗器械厂
离心机	TGL-168	上海安亭科学仪器厂
漩涡混合器	XW-80A	上海青浦沪西仪器厂
电热恒温鼓风干燥箱	DHG-9023A	上海精宏实验设备有限公司
连续分液器	0.1 ~ 50 mL	新加坡 TOMOS LIFE SCIENCE Group
微量电动组织匀浆器	749540-0000	美国 KIMBLE

以下以测定 IL-10 指标为例简要说明 ELISA 的具体测定方法。

①配液:用蒸馏水将 20 倍浓缩稀释成原倍的洗涤液。

②温育: 37°C 水浴锅或恒温箱温育 30 min。

③洗板:每孔加满洗涤液,静置 1 min,甩去洗涤液,吸水纸上拍干,如此反复洗板 4 次。

④加酶标工作液:每孔加入酶标工作液 $50 \mu\text{L}$ 。

⑤显色:每孔先加入显色剂 A 液 $50 \mu\text{L}$,再加入 B 液 $50 \mu\text{L}$,平板混匀器混匀 30 s, 37°C 避光显色 15 min。

⑥终止:每孔加终止液 $50 \mu\text{L}$,颜色由蓝色立

转黄色。

⑦测定:在终止后 15 min 内,用 450 nm 波长测量各孔的吸光值(OD 值)。

⑧计算:根据标准品及对应的 OD 值,再根据样本的 OD 值,最终浓度为实际乘以稀释倍数。

1.4 数据统计

实验数据统计通过 SPSS 16.0 进行分析,以 $M \pm SD$ 表示所得数据结果,组间的差异采用单因素方差分析(ANOVA),组间和组内的两两比较采用独立样本 T 检验(Students T-Test),同时以 $P < 0.05$ 表示显著性差异, $P < 0.01$ 表示非常显著性差异。

2 实验结果

2.1 血液炎症因子指标的变化

2.1.1 血清溶菌酶(LZM)的变化

B 组损伤后 LZM 浓度即刻达到峰值,非常明显高于对照组 A 组($P < 0.01$)。损伤后 48 h,即自然恢复第 3 d,其水平仍处于高位,随后逐渐降低再依次升高;干预后第 4 d,B、C 组 LZM 水平明显

下降,但 C 组还是明显高于对照组($P < 0.05$),而 D 组仍然处于高水平状态,与 B、C 2 组同时相比,具有显著差异性($P < 0.05$);干预后第 6 d,B 组几乎恢复到安静正常水平;D 组 LZM 仍处在高位,B、C 组与 D 组之间具有显著性差异($P < 0.05$);损伤后第 7 d,B、C 2 组 LZM 浓度开始回升,D 组仍然保持在高位,与 B、C 组之间相比有显著性差异($P < 0.05$) (表 2)。

表 2 LZM 值的组间比较¹⁾

Table 2 Comparison of LZM inter group

U · mL⁻¹, N = 8

组别	安静	自然恢复第 3 d	干预后第 4 d	干预后第 6 d	干预后第 7 d
A 组	101 ± 21.6	-	-	-	-
B 组	-	305 ± 35.8 ^{##}	136 ± 23.6 ^{◇◇}	121 ± 28.3 ^{◇◇}	175 ± 19.3 ^{◆◇}
C 组	-	-	177 ± 18.9 ^{▲▲}	156 ± 21.8 ^{▲▲}	191 ± 22.5 ^{▲▲}
D 组	-	-	285 ± 27.8 [■]	280 ± 20.4 ^{■*}	265 ± 18.4 ^{■●}

1) [#] $P < 0.05$, ^{##} $P < 0.01$ vs A 组对照组; [◇] $P < 0.05$, ^{◇◇} $P < 0.01$ vs B 组损伤第 3 d; [▲] $P < 0.05$, ^{▲▲} $P < 0.01$ vs C 组损伤第 3 d; [■] $P < 0.05$, [■] $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 4 d; [▲] $P < 0.05$, ^{▲▲} $P < 0.01$ vs D 组损伤后第 3 d; ^{*} $P < 0.05$, ^{**} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 3 d; [●] $P < 0.05$, ^{●●} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 7 d。

2.1.2 血清髓过氧化物酶(MPO)的变化

B 组损伤后 MPO 浓度即刻达到峰值,非常明显高于对照组 A 组($P < 0.01$)。损伤后 48 h,即自然恢复第 3 d,其水平仍处于高位,随后浓度逐渐降低;而损伤后第 4 d 至 7 d,B、C 2 组之间相比没有显著性差异($P > 0.05$),但仍显著高于对照 A

组($P < 0.05$);而在 FICM 干预下,D 组在干预后第 1 d 就降到与 A 组几乎相近的水平,并且在损伤后第 4 d 至 7 d 时相一直维持在低水平;与同时相的 B、C 2 组相比,都具有非常显著性差异($P < 0.01$) (表 3)。

表 3 MPO 值的组间比较¹⁾

Table 3 Comparison of MPO inter group

U · L⁻¹, N = 8

组别	安静	自然恢复第 3 d	干预后第 4 d	干预后第 6 d	干预后第 7 d
A 组	0.413 2 ± 0.042 3	-	-	-	-
B 组	-	0.723 5 ± 0.038 4 ^{##}	0.682 5 ± 0.026 3 ^{##}	0.566 3 ± 0.014 8 [#]	0.503 8 ± 0.022 3 [#]
C 组	-	-	0.654 2 ± 0.027 4 ^{##}	0.601 3 ± 0.048 5 [#]	0.558 7 ± 0.032 7 [#]
D 组	-	-	0.487 9 ± 0.036 5 ^{▲▲■}	0.453 2 ± 0.021 3 ^{▲▲●●}	0.412 5 ± 0.042 8 ^{▲▲▲▲}

1) [#] $P < 0.05$, ^{##} $P < 0.01$ vs A 组对照组; [▲] $P < 0.05$, ^{▲▲} $P < 0.01$ vs D 组损伤后第 3 d; [■] $P < 0.05$, [■] $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 4 d; [●] $P < 0.05$, ^{●●} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 4 d; [▲] $P < 0.05$, ^{▲▲} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 7 d。

2.2 血清免疫学指标的变化

2.2.1 血清白介素-8(IL-8)的变化

B 组损伤后 IL-8 浓度即刻达到峰值,非常明显高于对照组 A 组($P < 0.01$)。损伤后 48 h,即自然恢复第 3 d,其水平仍处于高位,随后浓度逐渐降低;B、C 两组 IL-8 浓度在损伤后 48 h、4 d 和 6 d

呈现逐渐降低趋势,但各时相 IL-8 水平仍处于较高状态,都非常显著高于对照组($P < 0.01$)。B、C 组之间相比没有显著性差异;而 D 组在 FICM 干预后第 1 d,IL-8 水平就有显著性下降,快速恢复到安静时水平,与 B、C 组同时相相比,D 组在 48 h、4 d、7 d 各时相有非常显著性差异($P < 0.01$) (表 4)。

表 4 IL-8 值的组间比较¹⁾

Table 4 Comparison of IL-8 inter group

$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $N=8$

组别	安静	自然恢复第 3 d	干预后第 4 d	干预后第 6 d	干预后第 7 d
A 组	0.14 ± 0.02	-	-	-	-
B 组	-	0.62 ± 0.02 ^{##}	0.56 ± 0.01 ^{##}	0.43 ± 0.02 ^{##◇}	0.36 ± 0.01 ^{##◇}
C 组	-	-	0.45 ± 0.01 ^{##*}	0.35 ± 0.02 ^{##*}	0.31 ± 0.01 ^{##*}
D 组	-	-	0.32 ± 0.01 ^{▲▲■}	0.15 ± 0.01 ^{▲▲●}	0.13 ± 0.02 ^{▲▲△△}

1) [#] $P < 0.05$, ^{##} $P < 0.01$ vs A 组对照组; [◇] $P < 0.05$, ^{◇◇} $P < 0.01$ vs B 组损伤第 3 d; ^{*} $P < 0.05$, ^{**} $P < 0.01$ vs C 组损伤后第 3 d; [▲] $P < 0.05$, ^{▲▲} $P < 0.01$ vs D 组损伤后第 3 d; [■] $P < 0.05$, ^{■■} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 4 d; [●] $P < 0.05$, ^{●●} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 4 d; [△] $P < 0.05$, ^{△△} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 7 d.

2.2.2 血清白介素-10(IL-10) 的变化

B 组损伤后即刻降到最低, 明显低于 A 组($P < 0.05$) 随着时间推移, B、C 两组呈现继续下降趋势, B 组中间有小幅反弹, 但不影响整体趋势. 而在 FICM 干预下, D 组在损伤后 48 h 就明显上升, 于损伤后即刻有显著性差异($P < 0.05$) , B、C 两组

之间没有显著性差异($P > 0.05$); 损伤后第 4 d, B、C 组 IL-10 浓度继续下降, D 组则相反, D 组与 B、C 组之间有显著性差异($P < 0.05$); 损伤后第 7 d 情况与第 4 d 类似, B、C 两组之间没有显著性差异($P > 0.05$) , D 组与 B、C 组之间有显著性差异($P < 0.05$) (表 5).

表 5 IL-10 值的组间比较¹⁾

Table 5 Comparison of IL-10 inter group

$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $N=8$

组别	安静	自然恢复第 3 d	干预后第 4 d	干预后第 6 d	干预后第 7 d
A 组	135 ± 10.8	-	-	-	-
B 组	-	82 ± 6.3 [#]	53 ± 5.8 ^{##◇}	65 ± 6.2 ^{##◇}	80 ± 5.2 [#]
C 组	-	-	71 ± 23.2 ^{##*}	87 ± 9.4 [#]	93 ± 8.2 [#]
D 组	-	-	125 ± 10.9 ^{▲■}	118 ± 8.6 ^{▲●}	137 ± 12.4 ^{▲▲△△}

1) [#] $P < 0.05$, ^{##} $P < 0.01$ vs A 组对照组; [◇] $P < 0.05$, ^{◇◇} $P < 0.01$ vs B 组损伤第 3 d; ^{*} $P < 0.05$, ^{**} $P < 0.01$ vs C 组损伤后第 3 d; [▲] $P < 0.05$, ^{▲▲} $P < 0.01$ vs D 组损伤后第 3 d; [■] $P < 0.05$, ^{■■} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 4 d; [●] $P < 0.05$, ^{●●} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 4 d; [△] $P < 0.05$, ^{△△} $P < 0.01$ vs B、C 组损伤后第 7 d.

3 分析与讨论

3.1 远红外陶瓷微珠干预对急性损伤血炎症因子 LZM 和 MPO 指标变化的影响

骨骼肌损伤过程包括骨骼肌的肌纤维结构破坏、炎症细胞浸润和变性坏死. 本研究中对大鼠急性钝挫伤后血液中的炎症因子溶菌酶(LZM)、过氧化物髓化酶(MPO) 在 FICM 干预后进行检测, 依据 LZM、MPO 指标浓度含量可以判断急性损伤大鼠血炎症因子治疗恢复情况^[4]. 急性炎症程度与 LZM 因子活性程度呈曲线双峰型, 急性炎症程度与过氧化物髓化酶活性成正相关, LZM 位于单核细胞、巨噬细胞、中性粒细胞中, MPO 则主要分布多形核白细胞嗜苯胺蓝颗粒中, 二者以细胞信号通路的形式将活化的各种信号由胞浆转移到相

应的细胞核内, 增加细胞炎症效应的增殖与活化, 极大地促进机体炎症反应快速上调, 诱导了 MPO、LZM 炎症因子的大量表达, 并且应答的细胞会快速穿越内皮屏障到达局部炎症组织^[5]. 本实验中当大鼠发生急性损伤后, B、C、D 组在急性损伤后即刻出现系列炎症反应, LZM、MPO 指标均达到峰值, LZM 浓度均非常显著高于对照 A 组($P < 0.01$) , 其后逐渐降低然后再升高, 呈双峰型; 自然恢复后 48 h, B、C 组 LZM 水平开始明显下降, 但 C 组还是明显高于对照组($P < 0.05$) , 而 FICM 干预组却维持高水平, 与 B、C 两组同时相比, 有显著差异性($P < 0.05$); 随着血液炎症因子释放数量的不断增加, 卫星细胞不断的被激活, 炎症细胞浸润开始, 骨骼肌纤维的再生修复开始, 而再生是修复过程的另一个阶段, 伴随着各种恢复手段的继续进行, 损伤后第 4 d, B、C 组与 D 组之间具有显著

性差异($P < 0.05$);损伤后第7 d,B、C两组LZM浓度开始回升,D组仍然保持在高位,与B、C组之间相比有显著性差异($P < 0.05$)(表2、3,图1、2)。D组MPO从干预开始就一直维持在低位,与对照组相比没有显著性差异,此时骨骼肌的再生能力逐步得到加强,而炎症细胞相应逐渐减少,当其数量最小时,骨骼肌再生达到峰值,则新肌纤维可能形成。

本研究中FICM干预可能及时对炎症细胞进行抑制,大大缩短了炎症反应的过程,说明FICM干预对急性损伤后大鼠骨骼肌的炎症细胞因子有相当明显的抑制作用,尤其是在前48 h,此时骨骼肌急性损伤程度及其严重,陶瓷微珠的干预及时地抑制了炎症细胞的增加,极大地减少了炎症细胞LZM、MPO因子对损伤肌肉的进一步破坏。

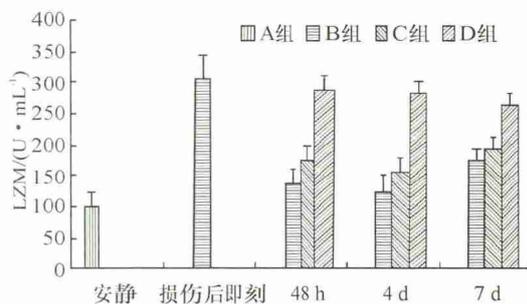


图1 LZM值的组间比较

Fig. 1 Comparison of LZM group

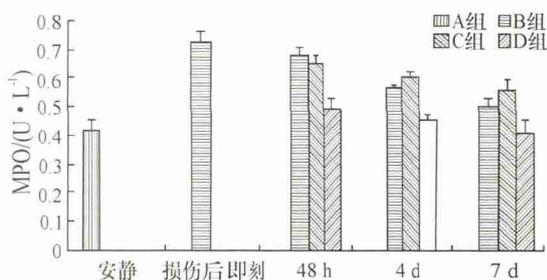


图2 MPO值的组间比较

Fig. 2 Comparison of MPO group

3.2 FICM干预对急性损伤免疫学IL-10和IL-8指标变化的影响

白介-10(IL-10)细胞是一种多功能细胞因子,包括B细胞、NK细胞、单核细胞、巨噬细胞、肥大细胞、中性粒和嗜酸性细胞等^[6],也称为细胞因子合成抑制因子(CSIF)。白介-8(IL-8)是趋化因子家族的一种细胞因子,IL-10和IL-8可以释放免疫介质^[7-8]。本实验中B组运动后即刻IL-10显著低

于对照组($P < 0.05$),B、C2组之后呈持续下降趋势,4 d后又逐渐回升,而D组在FICM干预下,与损伤后即刻有显著性差异($P < 0.05$),B、C2组之间没有显著性差异($P > 0.05$)。

IL-10增强单核巨噬细胞的吞噬作用,在FICM的干预下,其能促进IL-10对各种受体的表达,例如IL-10刺激的单核细胞还能够增强IgG-Fc受体表达^[9],此类受体能够积极参与非调理素或调理素结合的病原体相结合并被充分摄取入细胞,以促进单核细胞的进一步分化,诸如CD14、CD16、CD32、CD64,这种分子表达也会相应增加,促进这类细胞最终分化为巨噬细胞成为可能,所以此类分子在细胞摄取非调理素结合物中发挥着重要的作用^[10],而运动后48 h,B、C2组持续下降,D组则上升,D组与B、C组之间有显著性差异($P < 0.05$);运动后4 d和7 d情况与48 h类似,B、C2组之间没有显著性差异($P > 0.05$),D组与B、C组之间有显著性差异($P < 0.05$),可能机制是IL-10直接作用于T细胞,不依赖于其对APC细胞的抑制,在远红外陶瓷微珠的干预下,IL-10能够进一步抑制T细胞、CD4⁺的增殖和细胞因子合成,其中包括抑制Th2细胞产生IL-4和IL-5以及Th1细胞产生IFN- γ 和IL-2^[11-13]。和单核细胞相似,IL-10能够抑制炎症介质的产生,故其一样抑制吞噬细菌和LPS所引起的IL-1 β 和TNF- α 的发生^[14-15]。B、C、D组大鼠IL-8浓度在损伤后即刻达到峰值,其后逐渐降低;B组在干预过程中有小幅升高,但不影响整体趋势,各时相IL-8水平仍处于较高状态,都非常显著高于对照组($P < 0.01$),B、C组之间相比没有显著性差异;而D组在陶瓷微珠干预下,在损伤后48 h,IL-8水平就有显著性降低,在FICM干预下第4 d,就恢复到安静时水平(表4~5,图3~4),与对照A组没有显著性差异。

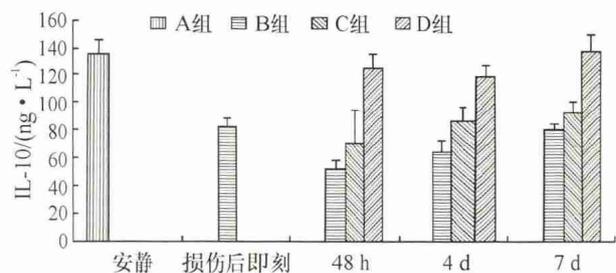


图3 IL-10值的组间比较

Fig. 3 Comparison of IL-10 group

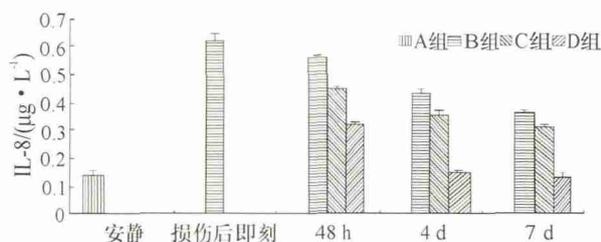


图4 IL-8值的组间比较

Fig. 4 Comparison of IL-8 Group

IL-8和IL-10还能抑制各种趋化中性粒细胞中化学因子的释放,IL-8细胞因子还能参与急性时相的反应,而在嗜酸性粒细胞中,IL-10所抑制的LPS引起各种炎性介质如GM-CSF、TNF- α 以及CXCL8的产生^[14-17],况且IL-10还能够抑制前列腺素E2和环氧合酶-2的合成.在陶瓷微珠干预下,并且由LPS所引起嗜酸性粒细胞和中性粒细胞的存活性也会被IL-10所抵触,这样便与一般的常规热水疗法有直接的效果差别.同时,IL-8是介导中性粒细胞进入急性创伤组织的主要免疫介

质,能够对急性损伤大鼠机体刺激起重要调节作用^[18],远红外陶瓷微珠干预可能对嗜碱性细胞、中性白细胞和T淋巴细胞有很强的趋化作用^[19],FICM的干预并且对炎症组织中白细胞聚集过程起非常重要的作用,在中性粒细胞迁移过程中起主要调节因子作用,可大大加快局部炎性损伤朝正向反应,从而导致组织微细损伤的快速恢复.

4 结论

(1) 远红外陶瓷微珠干预可通过提升LZM和降低MPO指标水平,减小炎性细胞对急性肌肉损伤的进一步破坏.

(2) 远红外陶瓷微珠干预可通过降低IL-8指标浓度与提升IL-10指标浓度水平,来缩短炎症反应过程,促进急性损伤的快速恢复.

参考文献:

- [1] 何建伟.远红外陶瓷微珠对骨骼肌损伤的治疗作用及机制研究[D].北京:北京体育大学,2012.
- [2] 何建伟,杨金龙,王安利,等.远红外陶瓷微珠干预对主动、被动肌力及PAR、AAR和TDPM指标效果的量化评价[J].体育科学,2014,34(12):54-62.
- [3] 李红涛,刘建学.高效远红外辐射陶瓷的研究现状及应用[J].现代技术陶瓷,2005(2):20-26.
- [4] 曹庆雷,何建伟,杨金龙.远红外陶瓷微珠对大鼠一次性力竭运动骨骼肌CK、CK-MM、LDH指标的影响[J].体育科学,2013,20(3):125-129.
- [5] CARLSM B M. The regeneration of skeletal muscle—A review[J]. Journal of the American Anatomie, 2018, 137: 119-150.
- [6] LIU X G, ZHOU Y J, LIU T C et al. Effects of Low-Level Laser irradiation on rat skeletal muscle injury after eccentric exercise[J]. Photomed Laser Surger, 2018, 27(6): 863-869.
- [7] 陈婧婧.远红外线对造血干/祖细胞生物学特性的影响[D].上海:上海师范大学,2017.
- [8] MARIA F, MICHAL T. Effects of acute and chronic endurance Exercise on Mitochondrial uncoupling in Human skeletal muscle[J]. Journal of Physiology, 2013, 554(3): 755-763.
- [9] 赖红梅.力竭运动恢复期大鼠血液中自由基的研究[J].体育与科学,1998,19(1):59-61.
- [10] WORRELL T W. Factors associated with hamstring injuries. An approach to treatment and prevention measures[J]. Sports Medicine, 2017, 17: 338-345.
- [11] 喻治达,陈厚荣,张玮,等.中医药熏蒸康复治疗运动性疲劳理论及运用研究[J].中国中医药信息杂志,2001,8(10):46-47.
- [12] LEEUWENBURGH C, HOLLANDER J, LEICHTWEIS S. Adaptations of glutathione antioxidant system to endurance training are tissue and muscle fiber specific[J]. Journal of the American Physiology, 2018, 272: 363-369.
- [13] 傅旭东.远红外电热磁中药导入法在治疗运动性疲劳与损伤中的运用[J].福建中医药,2007,38(5):48-49.
- [14] ALLEN D J, WESTERBLAD H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue[J]. Journal of the American Physiology, 2016, 536(3): 657-665.
- [15] 何建伟,杨金龙,赵广高.远红外陶瓷微珠对一次性力竭大鼠IL-6,T-AOC等指标的影响[J].莆田学院学报,2016,23

(2): 15-19.

- [16] 季冠芳, 杨子彬. 远红外线的生物学效应及其应用[J]. 天津医药, 2007, 35(1): 78-80.
- [17] MAURO A. Muscle regeneration [M]. New York: Raven Press, 2017.
- [18] 张军, 齐明, 黄楠, 武永刚. 骨关节炎方对家兔骨感染的预防[J]. 中国药师, 2018, 56(4): 25-28.
- [19] 赵泽霖, 汪宏莉. 高温环境运动口服咖啡因对耐力运动员体温调节及唾液 sIgA、溶菌酶的影响[J]. 沈阳体育学院学报, 2017, 15(9): 35-39.

Experimental study on LZM, MPO, IL-8 and IL-10 after Rats' acute injury by far-infrared ceramic microspheres intervention

HE Jian-wei^{1,2}, LIU Xue-qian², WU Zhu-yan³, XU Jian²,
ZHAN Jin-tian¹, LIN Qiu-hua⁴, ZHAO Guang-gao⁵

- (1. Department of Physical Education and Sports Science, Putian University, Putian 351100, China;
2. School of Physical Education and Sports Science, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China;
3. School of Physical Education and Sports Science, Jimei University, Xiamen 361021, China;
4. Department of Physical Education and Sports Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China;
5. School of Physical Education and Sports Science, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: The paper investigates serum inflammatory markers indicators MPO, LZM and immunological of IL-10, IL-8 after far-infrared ceramic as a means of intervention in rats with acute injury treatment to restore skeletal muscle. 88 male SD rats were divided into four groups: Group A, control group; Group B model group; Group C, models + hot water group; Group D models + ceramic set of model group. After acute injury and natural resting 48 h later, the data of each group were taken at 3, 4, 6, 7 d phase point analyses were done within the group, between-group in accordance. Results: 1) 3 day after the intervention, D group blood LZM, IL-10 recovery after each phase were significantly higher than the natural recovery group B with the model group C ($P < 0.05$); 2) Group D blood MPO, IL-8 levels restored very significantly, lower than the natural recovery group B and C group ($P < 0.01$) after 7 days intervention. Conclusions: 1) Ceramic intervention can reduce further damage to the inflammatory cells after acute muscle injury to by increasing the levels of MPO, LZM levels; 2) the far-infrared ceramic microspheres can promote the recovery of acute injury can enhance IL-10, and reduce IL-8 levels.

Key words: far-infrared ceramic microspheres (FICM); interleukin-10; lysozyme; acute injury; serum myeloperoxidase

【责任编辑: 周全】