

· 基础研究 ·

脉冲电磁场对大鼠骨骼肌急性挫伤后触诱发痛的影响

王晶 张长杰 顾旭东 姚云海

【摘要】目的 观察脉冲电磁场(PEMFs)对大鼠骨骼肌急性挫伤后行为学及机械刺激缩足反射阈值(PWMT)的影响,并探讨 PEMFs 在大鼠骨骼肌急性挫伤早期治疗中的应用。**方法** 将 42 只 SD 大鼠分为 PEMFs 组、造模对照组和空白对照组,每组 14 只。PEMFs 组和造模对照组采用重物自由落体打击法建立大鼠骨骼肌急性挫伤模型,空白对照组不做任何处理。造模成功后,PEMFs 组即刻予以 PEMFs 干预,频率 14 Hz,频率可自动下调 50% 幅度,自动跳变周期为 1 min,磁感应强度 9 mT,脉冲持续时间 1 ms。造模对照组及空白对照组不予以 PEMFs 干预。观察各组大鼠的行为学变化,并分别在造模前 2 d 及造模后第 12 小时和第 18 小时进行 PWMT 测定。**结果** PEMFs 组及造模对照组造模后第 12 小时和第 18 小时的 PWMT 值均低于造模前 2 d 的基础痛阈($P < 0.01$);PEMFs 组造模后第 18 小时 PWMT 值高于造模后第 12 小时($P < 0.01$);PEMFs 组和造模对照组造模后第 12 小时和第 18 小时 PWMT 值均较空白对照组的相应时点低($P < 0.01$);且 PEMFs 组造模后第 18 小时的 PWMT 值高于造模对照组。**结论** 早期应用 PEMFs 可以改善大鼠骨骼肌急性挫伤后的行为学,并可使其受伤后第 18 小时的机械痛阈提高。

【关键词】 骨骼肌; 挫伤; 疼痛; 脉冲电磁场

Effects of pulsed electromagnetic fields on mechanical allodynia after acute skeletal muscle contusion in rats

WANG Jing*, ZHANG Chang-jie, GU Xu-dong, YAO Yun-hai. * Department of Rehabilitation Medicine, Jiaxing 2nd Hospital, Jiaxing University, Jiaxing 314000, China

Corresponding author: GU Xu-dong, Email: jxgxd@hotmail.com

【Abstract】Objective To observe the effects of pulsed electromagnetic fields (PEMFs) on behavior and mechanical paw withdrawal thresholds (MPWTs) after acute skeletal muscle contusion (ASMC) in rats, and to investigate the application of PEMFs in rats with ASMC during the early stage. **Methods** Forty-two Sprague-Dawley rats were randomly divided into a PEMF group (P group), control group (C group) and blank control group (BC group). ASMC models were set up in groups P and C, and no intervention was applied in the BC group. A PEMF was administered to animals in the P group immediately after the ASMC was inflicted. The behavior of the rats in each group was then observed. The MPWT of each rat was tested 2 days before and 0, 12, and 18 hours after the ASMC was inflicted). **Results** In the P and C groups, MPWT of the left hind paw at the 12th and 18th hour after ASMC was significantly lower than the baseline pain threshold 2 days before the ASMC. At 18 hours, the MPWT was significantly higher than at 12 hours in the P group. MPWT at 12 hours in the P group and at both 12 and 18 hours in the C group were significantly lower than in the BC group. MPWT in the P group at 18 hours was significantly higher than in the C group. **Conclusions** The behavior of rats treated with PEMF immediately after ASMC was improved, and their pain threshold was still elevated 18 hours later.

【Key words】 Skeletal muscle; Contusion; Pain; Pulsed electromagnetic fields

脉冲电磁场(pulsed electromagnetic fields, PEMFs)对多种原因诱发的慢性疼痛具有缓解作用已得到广泛证实^[1-2],但是对急性疼痛的影响尚无一致意见。肌肉挫伤源于肌肉急性损伤^[3-4],其主要特征是疼痛与功能障碍,严重者可继发骨化性肌炎^[5]。本研究拟观察

PEMFs 对大鼠骨骼肌急性挫伤后行为学及触诱发痛(机械痛敏)的影响,并探讨 PEMFs 在大鼠骨骼肌急性挫伤早期治疗中的应用。

材料与方法**一、主要仪器与试剂**

XT-400A 型脉冲电磁场治疗仪(希统公司,天津);自制自由落体打击装置(参照文献[4]的制作过程完成);2390 电子版 von-Frey 机械痛敏测试仪(IITC Life Science,美国)。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2010.01.003

作者单位:314000 嘉兴,嘉兴学院附属第二医院康复医学中心(王晶,顾旭东,姚云海);中南大学湘雅二医院康复医学科(张长杰)

通信作者:顾旭东,Email:jxgxd@hotmail.com

二、实验动物分组及模型建立

健康 Sprague-Dawley (SD) 大鼠 42 只, 由中南大学湘雅二医院动物实验室提供, 体重 (200 ± 10) g, 雌雄不限, 分为 PEMFs 组、造模对照组和空白对照组, 每组大鼠 14 只。大鼠饲养条件: 室温 $15 \sim 25$ °C、正常昼夜节律、避强光与噪音刺激。动物可自由进食、饮水。

PEMFs 组和造模对照组均按照文献[6]所述, 选取大鼠左后肢小腿三头肌, 用重 500 g 圆柱状金属砵码在 PVC 管引导下从 120 cm 高度垂直下落, 建立大鼠骨骼肌急性挫伤 (acute skeletal muscle contusion, ASMC) 模型。空白对照组不作任何处理。

三、治疗干预

造模成功后, PEMFs 组即刻予以 PEMFs 干预, 将大鼠左后肢置于对置的电磁场两极中间, 脉冲电磁场参数设置: 频率 14 Hz, 频率可自动下调 50% 幅度, 自动跳变周期为 1 min, 磁感应强度 9 mT, 脉冲持续时间 1 ms。造模对照组及空白对照组置于相同环境, 不予以 PEMFs 干预。

四、观测指标

1. 行为学观察: 观察 ASMC 后是否合并骨折和皮肤破损, 各组大鼠在造模前 2 d、造模后第 12 小时和第 18 小时的进食、患肢负重和步行情况。

2. 机械痛阈变化: 采用 2390 电子版 von-Frey 机械痛敏测试仪, 分别于造模前 2 d、造模后第 12 小时和第 18 小时测试各组大鼠左后肢机械痛阈, 即机械刺激缩足反射阈值 (Paw withdraw mechanical threshold, PWMT)。将 von Frey 纤维丝置于大鼠左后肢小腿三头肌挫伤灶中心处, 机械痛敏测定仪按照设计程序自动施加压力, 初始压力值为 0, 逐渐升高压力值, 当诱发大鼠缩足反应时, 仪器自动记录此时的压力值, 测定 5 次, 间隔 5 min, 取平均值作为机械痛阈。

五、统计学分析

计量数据均以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 采用 SPSS 14.0 版统计软件进行处理。组间比较采用单因素方差分析 (ANOVA), 两两比较采用 SNK-*q* 检验; 组内比较采用重复测量数据的方差分析。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

一、行为学观察

大鼠在 ASMC 后, 伤灶处皮肤完整, 无合并骨折。如发生皮肤破损和/或骨折者, 将该鼠从实验中剔除, 并加新鼠补充。

空白对照组大鼠在造模前 2 d、造模后第 12 小时和造模后第 18 小时均活动自如, 进食正常。造模对照组大鼠在造模前 2 d 时活动及进食情况与空白对照组

相同; 造模后第 12 小时, 大鼠在刺激下被迫活动时, 患肢不能完全接触地面, 跛行步态, 进食基本正常; 造模后第 18 小时, 大鼠自主活动较造模后第 12 小时增加, 患肢可勉强完全接触地面, 跛行步态有所减轻, 活动时欠灵活, 进食基本正常。PEMFs 组大鼠在造模前 2 d 活动及进食情况与空白对照组相同, 造模后第 12 小时, 大鼠自主活动稍受限, 患肢完全接触地面, 进食正常; 造模后第 18 小时, 大鼠活动自如, 进食正常。

二、机械痛阈变化

ASMC 后左后肢 PWMT 值: PEMFs 组及造模对照组造模后第 12 小时和造模后第 18 小时的 PWMT 值均低于基础痛阈 (即造模前 2 d 的 PWMT 值) ($P < 0.01$)。PEMFs 组造模后第 18 小时的 PWMT 值高于本组造模后第 12 小时 ($P < 0.01$); PEMFs 组造模后第 12 小时、造模对照组造模后第 12、18 小时 PWMT 值均较空白对照组的相应时点低 ($P < 0.01$), 且 PEMFs 组造模后第 18 小时的 PWMT 值高于造模对照组, 详见表 1。

表 1 3 组大鼠 ASMC 后左后肢 PWMT 比较 ($\bar{x} \pm s$)

组 别	只数	造模前 2 d	造模后第 12 小时	造模后第 18 小时
空白对照组	14	48.29 $\pm$ 4.13	47.69 $\pm$ 3.46	48.04 $\pm$ 3.20
造模对照组	14	47.47 $\pm$ 3.92	31.92 $\pm$ 3.28 ^{ab}	32.48 $\pm$ 3.03 ^{ab}
PEMFs 组	14	45.26 $\pm$ 3.19	31.12 $\pm$ 3.49 ^{ab}	39.28 $\pm$ 3.14 ^{acde}

注: 与本组造模前 2 d 比较, ^a $P < 0.01$; 与空白对照组同时段组比较, ^b $P < 0.01$, ^c $P < 0.05$; 与本组造模后第 12 小时比较, ^d $P < 0.01$; 与造模对照组同时段比较, ^e $P < 0.05$

讨 论

本研究发现, PEMFs 组大鼠在受伤即刻接受 PEMFs 干预, 其患肢负重程度、步态及进食情况在不同时点均有改善, 表明 PEMFs 可在 ASMC 早期康复中发挥治疗效应。

国际疼痛研究协会 (International Association for the Study of Pain, IASP) 对急性疼痛的定义为: 最近产生并可能持续时间较短的疼痛。临床上一般认为疼痛持续时间在 1 个月以内为急性疼痛。常见的急性疼痛主要包括术后痛、分娩痛、外伤痛或运动伤痛、急性神经痛等。现代医学研究发现, 疼痛的感受主要来自遍布周身的“伤害性感受器”, 这些感受器主要是游离的神经末梢, 后者广泛分布在皮肤各层、小血管和毛细血管旁结缔组织、腹膜脏层和壁层等处, 对化学刺激特别敏感, 故又被称为化学性感受器。组织损伤、缺血、炎症等均可导致局部组织细胞结构受损或微环境遭到破坏, 致痛物质大量释放, 后者作用于化学性感受器而产生急性疼痛, 常常出现痛觉过敏^[7-8]。

目前, PEMFs 对疼痛影响的相关报道多数以慢性

疼痛为研究对象。Trock 等^[9-10]先后实验证明,连续应用 PEMFs 治疗膝关节骨性关节炎 1 个月,在其功能得到改善的同时,疼痛得到显著缓解。Shupak 等^[11]进行的一项双盲、随机、安慰剂对照的试验研究显示,单次使用 PEMFs 30 min 可以明显减轻风湿性骨关节炎引起的疼痛。Jorgensen 等^[12]发现,针对妇科疾病(痛经、子宫内膜异位症、卵巢囊肿破裂、急性下尿路感染及术后血肿)引起的盆腔痛,即时的 PEMFs 治疗可以产生持续性的镇痛效果。另一项随机、双盲、设置安慰对照的临床试验,连续 7 d 应用低频 PEMFs (400 μ T, 2 次/d, 40 min/次)治疗炎性痛、骨骼肌病变产生的慢性疼痛以及纤维肌痛引起的慢性广泛性疼痛,结果显示,PEMFs 对前两者治疗效果肯定,但对纤维肌痛的影响尚待进一步研究,不过仍然提示 PEMFs 对慢性非顽固性疼痛是安全的、有效的治疗工具^[13]。Forestier 等^[14]的随机试验揭示,PEMFs 治疗颈源性疼痛的效果明显优于射频消融。多项研究表明,脉冲电磁场可以减轻骨质疏松症引起的疼痛^[15-17]。迄今为止,尚未见文献报道低频 PEMFs 对 ASMC 引起的急性疼痛的影响。

本研究应用机械痛敏定量检测法对 ASMC 后的大鼠机械痛阈进行测量,PWMT 结果提示,对照组 ASMC 后第 12 小时痛阈明显下降,第 18 小时较前变化不显著;ASMC 后立即予以 PEMFs 干预,虽然未能缓解第 12 小时痛阈的下调,且与对照组情形相似,但第 18 小时痛阈开始上调,高于本组第 12 小时的水平,虽然没有达到空白对照组水平,但明显高于同时点的对照组。由此可见,PEMFs 可在一定程度上可以缓解由 ASMC 引起的触诱发痛(机械痛敏)。

ASMC 后痛阈下调可能是由于:局部组织损伤使致痛介质产生和聚集;同时,受损细胞和炎性细胞所释放的炎性介质可导致阈值降低;神经末梢炎性反应、损伤、压迫或牵拉神经后损伤神经芽生,从而导致痛觉过敏。推测 PEMFs 减轻 ASMC 所致急性疼痛的机制可能是:PEMFs 通过改变细胞膜通透性,从而消除水肿,减少伤害性感受器周围的理化刺激因素;促进血液循环,加速致痛物质和炎性介质的代谢,从而缓解疼痛。

综上所述,大鼠骨骼肌急性挫伤后,早期应用 PEMFs 可以改善其行为学表现,并可使其受伤后第 18 小时的机械痛阈提高。至于具体的原因与机制,尚需进一步实验研究来阐明。

参 考 文 献

[1] Hedén P, Pilla AA. Effects of pulsed electromagnetic fields on post-

- operative pain: a double-blind randomized pilot study in breast augmentation patients. *Aesthetic Plast Surg*, 2008, 32:660-666.
- [2] Cheing GL, Wan JW, Kai Lo S. Ice and pulsed electromagnetic field to reduce pain and swelling after distal radius fractures. *J Rehabil Med*, 2005, 37:372-377.
- [3] Beiner JM, Jokl P. Muscle contusion injuries: current treatment options. *J Am Acad Orthop Surg*, 2001, 9:227-237.
- [4] 舒彬,杨志金. 肌肉拉伤的基础与临床研究. *中华物理医学与康复杂志*, 2009, 31:127-130.
- [5] 陈疾忤,陈世益,李云霞,等. 骨骼肌挫伤后肌电检测的应用研究. *中华物理医学与康复杂志*, 2005, 27:23-25.
- [6] 王晶,于鹏,张长杰,等. 改良的大鼠骨骼肌挫伤模型. *实用医学杂志*, 2008, 24: 729-730.
- [7] 鞠躬. 神经生物学. 北京:人民卫生出版社,2004, 343-370.
- [8] 王祥瑞. 急性疼痛的机制和治疗进展. *上海医学*, 2007, 30:393-395.
- [9] Trock DH, Bollet AJ, Dyer RH Jr, et al. A double-blind trial of the clinical effects of pulsed electromagnetic fields in osteoarthritis. *J Rheumatol*, 1993, 20: 2166-2167.
- [10] Trock DH, Bollet AJ, Markoll R. The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteoarthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double blind, placebo controlled trials. *J Rheumatol*, 1994, 21:1903-1911.
- [11] Shupak NM, McKay JC, Nielson WR, et al. Exposure to a specific pulsed low-frequency magnetic field: a double-blind placebo-controlled study of effects on pain ratings in rheumatoid arthritis and fibromyalgia patients. *Pain Res Manag*, 2006, 11:85-90.
- [12] Jorgensen WA, Frome BM, Wallach C. Electrochemical therapy of pelvic pain: effects of pulsed electromagnetic fields (PEMF) on tissue trauma. *Eur J Surg Suppl*, 1994, 574: 83-86.
- [13] Thomas AW, Graham K, Prato FS, et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial using a low-frequency magnetic field in the treatment of musculoskeletal chronic pain. *Pain Res Manag*, 2007, 12:249-258.
- [14] Forestier R, Françon A, Saint-Arromand F, et al. Are SPA therapy and pulsed electromagnetic field therapy effective for chronic neck pain? Randomised clinical trial First part: clinical evaluation. *Ann Readapt Med Phys*, 2007, 50: 140-147.
- [15] 杨闯,周贤刚,何成奇. 低频脉冲电磁场为主治疗骨质疏松症疼痛的影响因素分析. *中华物理医学与康复杂志*, 2008, 30: 706-708.
- [16] 高堪达,俞永林,蒯大禹,等. 脉冲电磁场对原发性骨质疏松症患者疼痛的疗效分析. *中华物理医学与康复杂志*, 2004, 26:669-670.
- [17] 张秀珍,王博,宣森,等. 脉冲电磁场治疗绝经后骨质疏松的疗效观察. *中华物理医学与康复杂志*, 2009, 31: 353-355.

(收稿日期:2009-10-18)

(本文编辑:阮仕衡)