

肌肉活动方式对骨痂骨密度及 X-线片灰度值的影响

王柯慧 陈训华 程爱华 钟红刚 邢美荣
(中国中医研究院骨伤科研究所,北京 100700)

【摘要】 目的 探讨有利于骨折愈合的肌肉活动方式。方法 应用兔实验性骨折复位固定器对 18 只兔一侧小腿胫腓骨中段骨折进行复位固定,以不同强度的电信号,刺激坐骨神经获得不同肌力的肌肉收缩活动。主要影响因素为应力方式,初始加载时间,日活动量,加载持续时间,做四因素三水平 $L_9(4^3)$ 正交试验设计,骨折后 2、4、6 周时取材进行骨痂骨密度和 X-线片灰度值测定。结果 18 例动物 $L_9(4^3)$ 正交试验设计 ($K=2$) 及方差分析结果表明:骨折复位固定后肌肉活动的最佳组合方式为骨折复位固定 5 天后开始给予被动肌肉活动,日活动量为 1 天 1 次或 1 天 2 次为佳,肌力为 1/2 最大非负重状态下肌力或逐渐加大肌力方式,加载持续时间为 6 周或 4 周。结论 提示骨折复位固定后实施肌肉活动的初始时间不宜过早,应在肢体局部充血肿胀消退以后,且活动量不宜过大。

【关键词】 肌肉活动方式 骨折愈合 骨密度

The effects of muscular movement on bone density in the callus and X-ray ash ratio WANG Ke hui, CHEN Xun hua, CHENG Ai hua, et al. Institute of Orthopaedic and Traumatology, China Academe of Traditional Chinese Medicine(Beijing, 100700)

【Abstract】 Objective To investigate the effects of muscular movement suitable for fracture healing. **Methods** Tibial and fibular fracture models were produced in 18 rabbits. By stimulating the sciatic nerve with different electric parameters, the relationship between the intensity of the electric stimulation and the muscular force of the individual muscles were recorded in the animals with the fracture fixed with external fixators. The principal affecting factors were the force form, the commencement of the experimental movement, the daily amounts and the period of the movement as well as the continuation period of the added loading. Each factor was divided into three levels and the orthogonal experimental design $L_9(4^3)$ was set up. The tests were carried out in the models at 2, 4, 6 weeks after fracture. **Results** The $L_9(4^3)$ orthogonal experiment design and analysis of the variance showed that there was significant difference in the callus bone density in the models subjected to different movement forms ($P < 0.05$). The best form of muscular movement was found to be as follows: the commencement of the movement at the fifth day after fracture; the amount of the movement being once or twice daily; the period of experimental movement being 4 or 6 weeks; the muscular force being half of the maximum in loading free condition or the force being increased as fracture healing in progress. **Conclusion** During the early stage of fracture, the muscular movement should be carried out after the subsidence of the local swelling. The commencement of muscular movement should not be too early and be carried out in a gradually increasing pattern in harmony with the progress of fracture healing.

【Key Words】 Muscular movement form Fracture healing Bone density

以大耳白兔胫腓骨骨折模型为实验对象,根据正常生理状态下电刺激强度与兔小腿三头肌肌力之间的量效关系^[1],按照骨折愈合进程选择不同方式的刺激信号,使肌肉收缩产生应力于骨折断端,以观

察不同方式的肌肉活动对骨折愈合过程中骨痂骨密度及 X-线片灰度值的影响。

1 材料和方法

1.1 骨折复位固定器制作 为使兔实验性骨折模型术后能即刻自由活动,又无应力遮挡而设计以铝合金材料为主体的兔实验性骨折复位固定器,重量

约 70 克,内外径分别为 3.5 cm 和 4.5 cm,可轴向滑动的双层开环免实验性骨折复位固定器。

1.2 动物骨折复位固定模型 实验动物在 3% 戊巴比妥钠(30 mg/kg) 静脉麻醉状态下,手术分离暴露胫骨干中段,牙科锯横行锯断胫骨,于胫腓骨中线上、下 1 cm 左右各穿两根 1 mm 克氏针,通过带孔螺钉使克氏针安装于固定架,X-线片证实断端对位良好。固定器轴向滑动自如。

1.3 实验设计 为观察多个因素不同水平的肌肉活动对骨折愈合的影响,采用四因素三水平 $L_9(4^3)$ 正交试验设计(重复 2 次, $K=2$)。实验用体重 1.5~2.5 kg 的大耳白兔 18 只,影响因素为应力形式(A):水平 1(A_1) 随骨折愈合进程从小到大肌力(参数为 0.1 mA, 0.2 ms 1 mA, 0.5 ms 1 mA, 1 ms 3 mA, 1 ms 5 mA, 2 ms^[1]);水平 2(A_2) 恒定 1/2 最大非负重状态下肌力(参数 5 mA, 0.2 ms);水平 3(A_3) 最大非负重状态下肌力(参数 5 mA, 2 ms)。骨折复位固定后初次施加应力的时间(B):水平 1(B_1) 为骨折复位固定后第一天,水平 2(B_2) 为骨折复位固定后第三天,水平 3(B_3) 为骨折复位固定后第五天。每日施加应力的次数(C):(频率 1 HZ, 1000 秒/每次):水平 1(C_1) 为 2 次/天,水平 2(C_2) 为 1 次/天,水平 3(C_3) 为 1 次/2 天。疗程(D):水平 1(D_1) 为 2 周,水平 2(D_2) 为 4 周,水平 3(D_3) 为 6 周。动物于清醒下肢放松状态下接受电刺激。以受电刺激侧脚背下踩达到一定力度为有效刺激。动物于 2, 4, 6 周时,应用 LUNARDPX(美国)骨密度仪对骨痂局部进行骨密度分析,测量范围为纵轴骨折线上下 1 cm,横轴以骨皮质外缘为界,同时拍 X-线片以作骨痂灰度值计算。

1.4 统计学处理 根据 $L_9(4^3)$ 正交试验设计,实验进行 2 次,将所得数据进行方差分析。

2 结果

2.1 18 例骨折实验样本大体及 X-线片观察 骨折后两周时肉眼可见骨折断端有厚薄不均的白色纤维样骨痂充填环绕,X-线片上可见明显的骨折线。骨折 4 周时,骨折断端被较厚的梭行骨性骨痂包绕,X-线片上可见断端有大量的骨痂形成,骨折线模糊,腔内骨痂将髓腔封闭。骨折 6 周时,骨折断端梭行骨痂表面较光滑致密,骨痂周径为 3.2 ± 0.2 cm ($n=6$),正常胫腓骨中段周径为 2.2 ± 0.2 cm,X-线片上可见整个骨折被较为致密的骨痂包绕,有连续骨痂通过,腔内封闭骨痂有吸收改建迹象。

2.2 骨密度测试结果 以四个主因素作表头设计,作 $L_9(4^3)$ 正交试验设计每只动物按设计要求进行实验,重复 2 次。18 只动物,36 个测试样本,为消除动物个体间差异引起的误差,以每只动物骨痂骨密度平均值除以同侧对侧正常骨密度平均值,获得 18 个反映骨痂骨密度值的有效数据,对同一因素同一水平的骨密度值求和,分别得到各主因素下最高骨密度值的水平,即以骨痂骨密度为指标的最佳肌肉活动方式:给予 1/2 最大非负重状态下肌力方式,骨折复位固定 5 天后开始施加肌肉收缩活动,应力日均量 1 次/1 天合适,持续 6 周。即 $A_2B_3C_2D_3$ 为最佳选择。

2.3 X-线片灰度值测定 在计算机上对 18 只动物 X-线片图象经数字化处理,利用图象分析软件对骨折线上下 1 cm 范围的灰度值进行分析,以 1 mm 的克氏针灰度与空白区灰度的差值为标准参照值,计算出骨痂灰度值占标准参照值的百分比作为骨痂灰度值的有效数据,按照 $L_9(4^3)$ 正交试验设计作肌肉活动方式对 X-线片灰度值影响的 $L_9(4^3)$ 正交试验设计结果表明,最有利于提高骨痂 X-线灰度值的肌肉活动方式:给予 1/2 最大非负重状态下肌力方式,骨折复位固定 5 天后开始施加肌肉收缩活动,应力日均量 2 次/1 天合适,持续 4 周,即 $A_2B_3C_1D_2$ 为最佳选择。

2.4 肌肉活动方式对骨痂骨密度的影响 根据骨密度测试结果,作肌肉活动方式对骨痂骨密度影响的方差分析结果表明不同因素不同水平间组合形成的组间差异明显($P < 0.05$)。而在主因素 D 因实验时间导致取材时间为骨折 2 周、4 周和 6 周三水平时,其骨密度值差异非常显著。实验次数间无显著差异。

3 讨论

骨是高度分化的骨组织,其对抗压力,牵拉,弯曲和扭曲的功能基于分布在有机细胞间质中的无机矿物质^[2],骨矿物含量和骨胶原成分增加成正比^[3],为避免临床医生阅读 X-线片的主观性^[4],通过 X-线片测量计算获得骨痂形成量^[5]和以骨密度值检测骨矿物含量,具有一定的意义。本课题模拟临床骨折外固定治疗方法,使用不承载可轴向滑动的兔骨折复位固定器。在固定稳妥的前提下,便于肌肉收缩产生应力作用于骨折断端处,因为生理应力是加速骨折愈合速度,提高骨折愈合质量的最佳断面应力^[6]。尽管有学者提出长管状骨能否早期进行功能

康复的问题^[7]?但临床认可的早期负重也在 10 天或 2 周以后^[8],以防骨折固定不牢和肢体活动量过大引起的骨断端间隙增宽,周围无连续外骨痂形成,最终导致骨折不愈合或再骨折发生^[9]。又考虑到骨折 3 天时有一充血为主的血容量高峰期^[10]。本室以往的实验也发现兔后腿实验性骨折充血肿胀 3~5 天后基本消退,因此,本课题初始活动时间的设计为骨折复位固定后 1 天,3 天,5 天。实验结果表明,骨折复位固定后 5 天进行的肌肉非负重收缩,更有利于提高骨痂骨的骨密度值。

本室以往对兔胫腓骨骨折后自然活动状态下所记录的小腿三头肌肌肉收缩的幅度及频率观察发现,其行走时肌肉收缩的幅度(肌力)随骨折愈合进程而逐渐加大^[11],但其收缩频率无论在骨折后 1 周,3 周或 5 周均不规则,常表现为 3~5 个高幅度,频率 0.5~1 HZ 的密集波后是 3~5 个频率 1 HZ 幅度较小的收缩波,如此重复。有报道不同频率的应力刺激对骨组织有不同的影响,只有 0.5~1 HZ 的应力刺激可促进新骨形成,防止骨质疏松,且促进骨折愈合^[12]。因此,本课题选择的肌肉活动方式是在其肌肉收缩静止状态或行走时其肌肉收缩频率不规则的背景下,动物清醒状态下施加频率 1 HZ,持续 1000 秒的被动肌肉收缩方式,根据兔电刺激强度与肌力之间的量效关系^[1],确定所需肌力的电刺激参数值。

本实验结果表明:骨折复位固定后开始肌肉活

动的应在肢体局部充血肿胀消退以后,不宜过早,以避免骨折后的血容量高峰期^[10]。尤其初期活动量不宜过大。下肢骨折早期以非负重肌肉纵向收缩为主。

参考文献

[1] 王柯慧,钟红刚,李文荣,等.兔骨骼肌力与电刺激强度的相关性研究.中国骨伤,1998,11(3):17-19.
 [2] 赵玉堂主编.骨矿与临床,河南,黄河出版社.1995:24.
 [3] Nilsson BE. Post-traumatic osteopenia. Acta Orthop Scand. Suppl 1966,91:1.
 [4] Nichkks,PL,X-ray diagnosis of healing fractures in rabbits. Clin. Orthop,1979,142:234.
 [5] Perkins,R. Callus formation and the rate healing of femoral fractures in patients with head injuries. J. Bone Jt. Surg. 1987,69B:521.
 [6] 钱民全,陶祖莱,盛家宁,等.骨折愈合与应力的适应性假设.北京生物医学工程,1984,4(1):28-32.
 [7] 王亦聰.近年骨折治疗观点的反思.中华创伤杂志,1998,14(1):1-3.
 [8] 王少军,韩平良,张连生,等.应力促进下肢长骨折愈合的探讨.中华骨科杂志,1996,16(9):559-561.
 [9] 徐莘香,刘一,李长胜,等.当前骨折内固定治疗中的几个基本问题.中华骨科杂志,1996,16(4):204-206.
 [10] 顾科民.关于中医伤科“接骨方药”文献整理.上海中医学杂志,1963,(8):31-33.
 [11] 关继超,钟红刚,董福慧,等.肌肉动力与断端显微位移的动态观察.中国骨伤,1998,11(4):11-13.
 [12] Wolf JW,White AA,Panjabi MM,et al. Comparison of cyclic loading versus constant compression in the treatment of long bone fracture in rabbits. J Bone and Joint Surg. (Am),1981,43:805-810.

(收稿:1999-02-20 修回:1999-06-16 编辑:李为农)

病例报告

伤科接骨片致药疹 3 例

李华

(通城县人民医院,湖北 通城 437400)

例 1,毛 × ×,女,45 岁。1996 年 2 月因桡骨远端骨折,予以手法整复、小夹板固定,给予大连中药厂“海洋牌”伤科接骨片(辽卫药准字(83)1416~27 号。以下 2 例所服药物系同一品牌)口服。每日 3 次,每次 4 片。连续服用 3 次后,患者感全身搔痒难忍,起红斑,并有心慌气促,胸闷烦躁等。即时就诊,检查见患者表情痛苦,烦躁不安,面部肿胀,颜面部、胸腹部、四肢等多处大小不等风团块,呈淡红色,形态不规则,并有多处抓

痕,诊断为药疹(荨麻疹型)。

例 2,章 × ×,女,51 岁。1996 年 3 月因右髌骨横断型骨折,有分离移位,即时行开放复位,钢丝内固定。术后 3 天给伤科接骨片口服。连服 4 次后,患者感全身搔痒,起红斑。就诊见患者面部、胸腹部有红色风团块数处,呈圆形,有数处抓痕,诊断为药疹(荨麻疹型)。

例 3,胡 × ×,女,47 岁。因右胫骨平台骨质增生,给伤科接骨片口服。服用 4 次后,患者即感全身搔痒,起红斑。

检查见患者颈部、胸部及上肢多处淡红色风团块,形态不规则,伴数处抓痕。诊断为药疹(荨麻疹型)。

以上 3 例,就诊后立即停药,抗过敏,对症处理,2~3 天治愈。

讨论

“海洋牌”伤科接骨片它以天然海洋药物海星为主,配以鸡骨、三七、红花、乳香、没药、自然铜等中药组成,目前尚未发现服用该药有更严重的过敏反应或其它不良药物反应,而临床医生不可不慎。

(编辑:房世源)