

## • 基础研究 •

## 微动对骨折端骨密度的影响

乔林<sup>1</sup>, 侯树勋<sup>2</sup>, 张树明<sup>1</sup>, 李文峰<sup>2</sup>, 陈福文<sup>1</sup>, 徐建强<sup>1</sup>

(1. 解放军第二炮兵总医院骨科, 北京 100088; 2. 解放军总医院第一附属医院骨科)

**【摘要】** 目的: 研究骨折端微动时应力对骨密度的影响。方法: 60只新西兰大白兔随机分为微动组与固定组, 每组30只。固定组术后使骨折端固定。微动组使外固定架中间杆有0.5mm的轴向移动, 术后动物自由行走, 依靠体重使外固定架产生微动。利用双能X线骨密度测量仪测定两组动物骨痂的骨密度。结果: 术后14d时固定组、微动组骨密度为正常的10%左右, 两组无显著差异。21、28d两组骨密度有明显上升, 微动组与固定组比较差异有显著性意义( $P < 0.01$ )。42d时微动组骨密度高于正常水平。56d时微动组骨密度稍下降, 但仍高于正常, 固定组骨密度高于正常水平, 两组无显著差异( $P > 0.05$ )。结论: 微动可增强骨愈合时骨痂的骨密度。

**【关键词】** 骨折; 骨密度; 外固定器; 骨折愈合

**Effects of micromovement on the bone mineral density of the broken end of bone fractures** QIAO Lin\*, HOU Shuxun, ZHANG Shuming, LI Wenfeng, CHEN Fuwen, XU Jianqiang. \* Department of Orthopaedics, The 2nd Artillery General Hospital of PLA, Beijing 100088, China

**ABSTRACT Objective** To study the influence of micromovement on the bone mineral density of the broken end of bone fractures. **Methods** Sixty rabbits were randomly divided into micromovement group and fixation group. There were 30 rabbits in each group. After operation, the broken ends of rabbits in fixation group were fixed. In micromovement group, 0.5 mm space was left on middle rod of the external fixator; the broken ends of fractures of the rabbits could move axially depending on their body weight. The bone mineral density (BMD) was measured with dual-energy X-ray absorptiometry. **Results** At the 14th day after operation, the BMD of the micromovement group and the fixation group was just 10% of the normal level, there was no significant difference between the two groups ( $P < 0.05$ ). The BMD of the two groups increased greatly at the 21th and 28th days, the BMD of the micromovement group was higher than that of fixation group ( $P < 0.01$ ). At the 42th day, the BMD of micromovement group was higher than the normal level. At the 56th day, the BMD of the two groups were both higher than the normal level, but there was no significant difference between the micromovement group and the fixation group ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion** Micromovement could increase the bone mineral density.

**Key words** Fractures; Bone density; External fixators; Fracture healing

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma 2007, 20(9): 603-604 www.zggszz.com

骨折修复有2种方式: 坚强固定时, 可在缺乏或极少外骨痂形成的情况下直接完成骨修复, 称为直接愈合; 在不稳定或弹性固定时, 需外骨痂将骨折端连接, 称为间接愈合。目前普遍认为间接愈合更有利于骨折修复。间接愈合的快慢取决于骨痂的数量与质量, 增加骨膜骨痂的成骨, 是加速骨折愈合的最重要的机制。从生物力学的角度, 骨痂的成熟度越高, 其材料特性越好; 骨痂的数量越多, 其结构特性越好。本实验通过双能X线骨密度测量仪检测骨密度的变化, 探讨微动对骨痂生成的影响。

### 1 材料与与方法

**1.1 材料** 健康纯种新西兰大白兔 60只, 雌雄不限, 月龄5~6个月, 体重2.5~3.0 kg(军事医学科学院动物中心提供)。微型外固定架(304医院骨科研究所与北京富乐公司合

作研制)。30 mA X线机(日本东芝)。双能X线骨密度测量仪(美国Norland)。

**1.2 外固定架** 包括连接杆1个, 固定夹2个, 固定针4枚, 限位管1个, 限位螺母2个, 弹簧1个。

**1.3 方法** 60只新西兰大白兔随机分成2组: A组(固定组), 胫骨中段横断胫骨, 单臂外固定架固定, 解剖复位骨折端。B组(微动组), 胫骨中段横断胫骨, 单臂外固定架固定, 解剖复位骨折端, 使外固定架中间杆有0.5mm的轴向移动。术后动物自由行走, 依靠体重使外固定架产生微动。术后14、21、28、42、56d处死实验动物, 每组每次处死6只。

### 1.4 观察方法

**1.4.1 X线观察** 术后14、28、42、56d动物麻醉后下肢平放于X线片盒上, 由专人摄下肢正、侧位X线片。摄片条件: 电压42 kV, 曝光时间0.05s, 电流强度30 mA, 距离90 cm, 各时相点X线片显影、定影时间严格一致。所有X线片请专业

表 1 术后不同时间两组骨密度值及骨密度比率

Tab 1 Bone mineral density and the rate of bone mineral density in the two groups on different times after operation

分组	骨密度值 (g/cm <sup>2</sup> )					骨密度比率 (%)				
	14 d	21 d	28 d	42 d	56 d	14 d	21 d	28 d	42 d	56 d
固定组	0.039 ± 0.005	0.115 ± 0.013 <sup>*</sup>	0.215 ± 0.019 <sup>*</sup>	0.307 ± 0.020 <sup>*</sup>	0.348 ± 0.021	12.1 ± 1.6	35.3 ± 3.5 <sup>*</sup>	65.9 ± 4.1 <sup>*</sup>	94.2 ± 5.1 <sup>*</sup>	106.6 ± 4.4
	0.042 ± 0.006	0.133 ± 0.017 <sup>*</sup>	0.260 ± 0.018 <sup>*</sup>	0.349 ± 0.023 <sup>*</sup>	0.342 ± 0.025	12.2 ± 1.7	40.5 ± 3.1 <sup>*</sup>	79.9 ± 5.5 <sup>*</sup>	107.4 ± 4.0 <sup>*</sup>	104.7 ± 5.6

注: 两组比较, <sup>\*</sup>  $P < 0.01$

Note Comparison between two groups <sup>\*</sup>  $P < 0.01$

摄像人员在同一条件下照相。

**1.4.2 骨密度测量** 术后 14、21、28、42、56 d 取材后利用选筛系统确定双能质子吸收扫描的正确位置, 先行长轴扫描确定骨折端位置, 然后行骨折端横断面扫描。扫描时间: 30 s, 解析度: 0.28 mm, 图像分辨率:  $> 1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 。测定骨折端 1 cm 区域骨矿密度。末手术侧标本在骨折相同部位扫描测量, 重复 3 次。计算每对标本的骨密度比率。

**1.5 统计处理** 两两比较采用 Student-Newman-Keuls 检验, 所有数据的处理分析采用 Stata 软件。

## 2 结果

**2.1 X 线观察** ①术后 14 d 微动组骨折端骨痂呈梭形膨大, 但尚未形成桥接骨痂, 骨折线存在; 固定组骨折端骨痂较微动组少, 骨折线较为明显。②术后 28 d 微动组骨折端骨痂明显增多, 形成桥接骨痂, 骨折线模糊; 固定组骨折端骨痂较多, 骨折端可见絮状阴影, 但骨折线仍存在。③术后 42 d 微动组骨折端有致密骨痂生长, 骨折线模糊 (见图 1); 固定组骨折端骨痂较微动组少, 也有致密骨痂生长, 骨折线模糊 (见图 2)。④术后 56 d 微动组骨折端骨痂更致密, 骨折线近消失, 部分髓腔再通; 固定组骨折端骨痂较致密, 骨折线模糊。

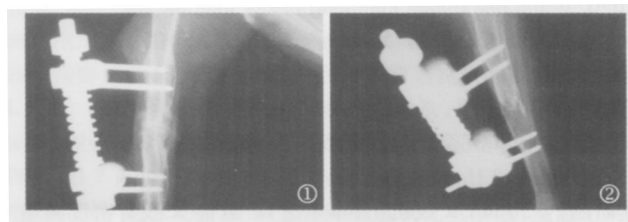


图 1 微动组术后 42 d X 线片 图 2 固定组术后 42 d X 线片

Fig 1 X-ray of the 42th day after operation in the micro-movement group Fig 2 X-ray of the 42th day after operation in the fixation group

**2.2 骨密度值及比率测量** 表 1 显示: 术后 14 d 时固定组、微动组骨密度为正常的 10% 左右, 两组差异无显著性意义; 21、28 d 两组骨密度有明显上升, 微动组与固定组差异有显著性意义 ( $P < 0.01$ ); 42 d 时微动组骨密度高于正常水平; 56 d 时微动组骨密度稍下降, 但仍高于正常, 固定组骨密度高于正常水平, 两组差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

增加骨膜骨痂的成骨, 是加速骨折愈合的最重要的机制。而骨膜骨痂形成的范围和量以及分化的速度可被机械因素所调节, 骨折局部的力学环境对骨折愈合有着重要的作用<sup>[1-2]</sup>。

弹性固定时, 应力作用于骨折端, 骨折块之间会产生相互的移位。移位的程度随着应力的增加而增加, 随着固定物刚度的增加而降低。弹性固定后产生 2 种行为方式: ①弹性方式, 应力所导致的固定物的形变可以恢复, 应力去除后骨折块恢复至原先的位置。②塑形方式, 应力所导致的固定物的形变不可恢复, 骨折块维持于移位的状态。临床和实验研究证明, 弹性固定可通过刺激骨痂形成而加速骨折的愈合<sup>[3-4]</sup>。

基于对骨折端力学环境重要性的认识, 大量实验研究证实微动对骨愈合有明显的促进作用, 并将这一观点应用于临床, 尤其是应用外固定架治疗骨折时, 在特定时期施加微动, 使外固定架成为可控制骨折处运动幅度和力量的固定器械。

以往的研究中, 微动的诱发方式主要是被动诱发, 即通过气动泵等与外固定器上的微动装置相连, 施加一定频率的轴向载荷, 产生骨折端微动。为了更真实地模拟临床上骨折固定后功能性的负重, 本实验中的动物模型采用主动诱发模式来实现骨折端的微动。主动诱发是通过骨折端在肢体部分或完全负重时产生轴向加压, 从而实现微动<sup>[5]</sup>。在我们的实验中, 术后 14 d 时固定组、微动组骨密度为正常的 10% 左右, 两组无显著差异, 但我们尚不能推断在骨折早期微动对骨愈合不起作用。21、28 d 两组骨密度有明显上升, 微动组与固定组比较有统计学差异 ( $P < 0.01$ ), 表明在此时期, 微动加速了局部矿物化。42 d 时微动组骨密度高于正常水平, 说明在骨折愈合后期, 微动能影响骨痂的塑形。

## 参考文献

- Marcy W, Mark S, Kelly G. Cyclic tensile strain and cyclic hydrostatic pressure differentially regulate expression of hypertrophic markers in primary chondrocytes. *Bone* 2003; 33: 685-693.
- Mizuno S, Tateishi T, Ushida T, et al. Hydrostatic fluid pressure enhances matrix synthesis and accumulation by bovine chondrocytes in three-dimensional culture. *J Cell Physiol* 2002; 139: 319-327.
- Claes LE, Heigele CA, Neidlinger-Wilke C, et al. Effects of mechanical factors on the fracture healing process. *Clin Orthop Relat Res* 1998; 355: 132-147.
- Claes LE, Heigele CA. Magnitudes of local stress and strain along bony surfaces predict the course and type of fracture healing. *J Biomech* 1999; 32(3): 255-266.
- Samiento A, Mckelbp HA, Llinas A, et al. Effect of loading and fracture motions on diaphyseal tibial fracture. *J Orthop Res* 1996; 14: 80-84.

(收稿日期: 2006-11-03 本文编辑: 李为农)