

# 兔伤肢肌肉活动促进骨折愈合的生物力学及形态学研究

陈兆军<sup>1</sup> 沈志祥<sup>2</sup> 涂丰<sup>2</sup> 葛国梁<sup>2</sup> 周伟<sup>2</sup>

(1. 冶金医院, 北京 100029; 2. 中国中医研究院北京针灸骨伤学院, 北京)

**【摘要】** 目的 观察伤肢肌肉在电动刺激下被动收缩活动能否加速骨折愈合。方法 家兔 64 只, 造成右胫骨横断骨折, 然后随机分为两组, 一组为实验组, 于选模后第 3 天开始给予伤肢电动刺激使其肌肉被动进行收缩活动; 另一组不予任何刺激作为对照。两组动物于骨折后 2、4、6、8 周分批处死, 进行 X 线片、生物力学、病理组织学对比观察。结果 实验组动物骨折的愈合速度快于对照组, 其伤肢抗折性能也优于对照组 ( $P < 0.05$ )。结论 伤肢肌肉被动收缩活动能促进家兔骨折愈合。

**【关键词】** 肌肉骨骼系统 骨折愈合 生物力学 形态学

**Morphology and Biomechanics Studies of Muscular Activity Accelerate Healing of Fracture on Rabbit's Injury Limbs** CHEN Zhaojun, SHEN Zhixiang, TU Feng, et al. Metallurgical Hospital (Beijing 100029)

**【Abstract】 Objective** To observe whether or not passive muscular contraction under electric stimulation in injury limbs can accelerate the healing of fracture. **Methods** 64 rabbits of right tibia transverse fracture were chosen. The rabbits were divided into two groups randomly. In test group, the wound limbs accepted electric stimulation to produce passive muscular contraction, while in control group accepted nothing. The rabbits were killed separately on the end of the 2th, 4th, 6th and 8th week after the fracture had been made. The contrast study of the X ray, biomechanism and pathology had be done. **Results** The healing of fracture of test group is better than that of the control group. ( $P < 0.05$ ) **Conclusion** Passive muscular contraction in injury limbs can accelerate the healing of fracture.

**【Key Words】** Musculoskeletal system Fracture healing Morphology and biomechanics

有学者研究发现接近正常水平的肌肉活动, 在骨折的周围环境提供血液流势以利骨折愈合<sup>[1]</sup>。那么, 通过刺激肌肉使之产生被动收缩活动能否加速骨折的愈合? 为此我们进行了如下观察。

## 1 材料和方法

**1.1 实验对象及分组** 选用 8 月龄健康雄性家兔 64 只, 体重 2.5~3.3kg, 同一条件下用电锯造成右后肢胫骨骨折模型(截骨位置在胫腓骨交界处), 用 1.5mm 克氏针 2 根做交叉内固定, 针尾包藏于皮下。随机分为两组, 每组 32 只动物, 任选一组为实验组, 另一组作为对照组, 统一条件下喂养。

**1.2 实验方法** 于造模后第 3 天(为防过早刺激引起断端出血)开始对实验组动物右后肢进行肌肉收缩活动刺激, 刺激仪为北京针灸骨伤学院物理室提供。电极为直径 1cm 的导电橡胶块, 分别放于兔膝关节上 2cm、外踝下 1cm 处, 内外侧交替使用。刺激频率为 1Hz, 幅度先小量开始, 待动物适应后, 逐渐加大刺激量, 到兔后肢有规律的明显抖动为止。每天 2

次, 每次 40 分钟, 两次间隔 12 小时。对照组不予任何刺激。

**1.3 观察项目、方法及指标** 于造模后 2、4、6、8 周分批处死一定数量的实验组、对照组动物, 进行如下观察:

**1.3.1 X 线摄片:** 两组动物右后肢在同等条件下摄正、侧位 X 线片, 阅片后按李人杰等<sup>[2]</sup>介绍的五级评定法进行评定。

**1.3.2 生物力学(抗折)测试:** 摄片后分别将两组动物右后肢及左后肢取下, 取出胫腓骨, 将附着肌肉剔除干净, 取出克氏针, 在 WD-1 型电子材料万能实验机上做三点弯曲实验, 直至材料破坏。跨距 L 为 80mm, 加载速度为 10mm/min, 材料破坏时最大承载力为 G, 根据公式  $W = GL/4$  求得 W 值, W 为内力偶距即弯距。

**1.3.3 组织学观察:** 将刚折断的右侧胫腓骨标本立即按原茬对好, 截取适当大小骨块, 于 10% 福尔马林溶液固定、5% 硝酸脱钙、石蜡包埋、切片、HE 染色,

光镜下对比观察两组动物骨折断端间肉芽组织、纤维组织、软骨骨痂和新骨增生情况, 然后采用韩祖斌等<sup>[3]</sup>介绍的方法进行病理学评级。(0~ II级)

## 2 结果

**2.1 X 线观察结果** 根据不同时间 X 线摄片结果综合评定见表 1。

表 1 骨折后不同时期 X 线片评定结果对比

时间(周)	对照组(只)					实验组(只)						
	兔数	I	II	III	IV	V	兔数	I	II	III	IV	V
2	7	6	1				8	2	6			
4	8		2	5	1		8			1	7	
6	8			1	6	1	8				2	6
8	7				3	4	8					8

注: 对照组有 2 只动物分别于第 2、8 周时死亡, 未计入

由表 1 可见第 4、6 周时实验组动物骨折愈合程度明显优于对照组。具体表现在 2 周时实验组骨折端灰度略高于软组织, 内、外骨痂稍多于对照组; 4 周时实验组骨折端灰度近似于髓腔的钙化, 内、外骨痂显著多于对照组, 大部已联接; 6 周时实验组骨折端灰度近似于皮质骨的钙化, 内、外骨痂多于对照组, 并联接塑型较好; 8 周时实验组、对照组骨折断端灰度均接近骨组织, 且均已塑型较好。

**2.2 生物力学测试结果** 骨折后第 2 周时正处于骨折肉芽修复期, 骨折断端为纤维联接或软骨性骨痂部分联接, 所测 G 值大都接近于 0, 实验组、对照组对比无明显差异。第 4、6、8 周时根据所测 G 值得 W 值。为了消除动物个别差异, 我们利用右左胫腓骨 W 值之比进行对比, 观察。然后进行统计学 t 检验(比值大小反映骨折愈合情况, 比值越大说明骨折处抗折性能越好) 详见表 2。

表 2 不同时期右、左胫腓骨弯距比值均数比较( $\bar{x} \pm s$ )

时间(周)	对照组		实验组		t	P
	兔数	比值均数	兔数	比值均数		
4	8	0.351 ± 0.014	8	0.408 ± 0.028	4.44	< 0.05
6	8	0.488 ± 0.045	8	0.598 ± 0.033	6.68	< 0.01
8	7	0.733 ± 0.098	8	0.823 ± 0.120	3.16	< 0.05

由表 2 看出, 在排除个体差异后 4、6、8 周时实验组动物伤肢抗折性能明显优于对照组。

**2.3 组织学观察结果** 在不同时期, 对实验组、对照组从骨折断端水肿、修复性纤维组织、新生软骨、

及骨组织等的演变过程进行对比观察, 发现实验组水肿消失、机化较快, 修复性纤维组织较早被骨软骨性骨痂取代, 骨痂生长旺盛, 断端骨痂愈合早且快, 而且软骨性骨痂骨化、骨样小梁转化为编织骨、编织骨转化成板状骨均较对照组早, 另外骨改建塑型亦较对照组好。为了更能说明问题, 对两组动物断端病理组织情况进行评级判定, 结果见表 3。

表 3 两组家兔骨折后不同时期断端病理组织学评级比较

时间(周)	对照组(只)				实验组(只)					
	兔数	0	I	II	III	兔数	0	I	II	III
2	7		7			8		2	6	
4	8		2	6		8			2	6
6	8			3	5	8				8
8	7				7	8				8

## 3 讨论

通过本组实验可以发现兔伤肢肌肉收缩活动能够促进骨折愈合。这可能与以下因素有关: (1) 骨折端良好的血运是骨折快速愈合的必要条件。肌肉通过收缩和舒张对血液循环起着“泵”的作用, 加速软组织和骨内的血流速度, 输送成骨所必须的氧及营养物质, 为新骨形成打下基础。Tönderold 等<sup>[4]</sup>的研究表明: 长骨在生理活动时, 骨的灌流量增加 50%~70%, 这种高血流量可在肌肉活动停止后保持 1 小时左右。另据实验表明人体前臂肌肉持续收缩 1 分钟, 或狗的小腿腓肠肌收缩 3 分钟, 肢体血流量可增加 3~4 倍<sup>[5]</sup>。正是这种丰富的血流环境, 促使大量毛细血管侵入骨折端, 刺激成骨细胞的活性, 使成骨活跃从而加速骨折愈合。另外骨折愈合过程需要矿物质的参与<sup>[6]</sup>, 矿物质与血流密切相关。骨折部矿物质沉积的主要控制机制是骨端血流量。通过肌肉收缩活动可能正是加快了这种血流量, 促进了骨折端的矿化。(2) 骨折端轴向的显微运动, 能够促使生长因子和形成因子从骨折端渗出<sup>[7]</sup>, 增加血管新生, 诱发血管向骨折端侵入, 并可出现生物电现象, 释放生化介质。伤肢肌肉的收缩活动能够增加骨折端的这种“微动”, 使断端生长因子和形成因子集积, 使成骨活动旺盛, 加速间质形成和钙盐沉积。(3) 肌肉有节律的收缩活动为骨折断端提供了间断的应力刺激, 能够引起电位变化, 促进骨形成<sup>[8,9]</sup>。

### 参考文献

- [1] 董福慧, 顾云伍, 译. 骨折闭合功能疗法. 天津: 科技出版社, 1987. 3~4.
- [2] 李人杰, 柳用墨, 王崇武. 旋磁场促进骨折愈合的初步观察. 中华

骨科杂志, 1988, 8(6): 445.

[3] 韩祖斌, 陈履平, 杨秀武, 等. 振动促进骨折愈合的实验研究. 中华外科杂志, 1994, 32(4): 215.

[4] Tönderold E, Bülow J. Bone blood flow in conscious dogs at rest and during exercise. Acta Orthop Scand, 1983, 54(1): 53.

[5] 尚天裕, 孟和, 顾志华, 等. 肌肉内在动力对中西医结合治疗股骨骨折的机理探讨. 中医杂志, 1982, 23(6): 23.

[6] Alho A, Husby T, Høiseth A. Bone mineral content and mechanical

strength. Clin Orthop, 1988, 227: 292.

[7] Frost HM. The biology of fracture healing. Clin Orthop, 1989, 248: 283.

[8] Lavine L S, Alan J, Grodzinsky D, et al. Electrical stimulation of repair of bone. J Bone Joint Surg, 1987, 69A(4): 626.

[9] Gross D. Streaming potentials and the electric chemical response of physiologically moist bone. J Biomech, 1982, 15(2): 277.

(收稿: 1998 04 01 修回: 1998 10 06 编辑: 房世源)

## • 短篇报道 •

# 克氏针内固定治疗锁骨骨折 80 例

顾邦林

(高邮市人民医院, 江苏 高邮 225600)

笔者从 1988 年 10 月至 1997 年 3 月对 80 例锁骨骨折采用切开复位, 克氏针内固定治疗, 获得良好的临床效果。现报告如下:

### 1 临床资料

本组 80 例中男 54 例, 女 26 例; 年龄 14 岁~ 61 岁。车祸伤 40 例, 摔跌伤 23 例, 打击伤 17 例。中 1/3 骨折 59 例, 外 1/3 骨折 21 例。斜形骨折 48 例, 横断骨折 18 例, 粉碎性骨折 14 例。本组均有不同程度骨折重叠, 成角或分离畸形。受伤至手术时间: 1 周内 55 例, 2 周内 16 例, 4 周内 9 例。本组有 10 例接受过各种非手术治疗, 因效果不满意而改行手术治疗。

### 2 治疗方法

在锁骨骨折处上缘做 3~ 5cm 长横切口, 由远骨折段向外逆行穿入 1 枚直径 2~ 2.5mm 的克氏针, 通过肩峰穿出皮肤, 解剖复位骨折端, 再将克氏针穿入近端髓腔内。克氏针外端留适当长度, 将克氏针折弯, 剪断埋于皮下。对内 1/3 骨折, 由近骨折段逆行向锁骨的胸骨端穿入克氏针, 复位, 再将克氏针穿入远端髓腔内, 将针尾折弯, 剪断埋于胸骨柄前方的皮下。对粉碎性骨折, 对位欠佳者, 可用粗丝线捆扎, 术后三角巾悬吊 2 周, 无需外固定。可参加日常活动。

### 3 治疗结果

本组病例均得到随访。随访半年以上 50 例, 1~ 2 年 30 例, 切口均甲级愈合, 无克氏针外滑, 无神经血管损伤。我们根据复位质量, 骨愈合时间和肩关节功能拟定以下标准。优: 骨折达解剖复位, 断端稳定, 骨愈合时间 2~ 3 个月。局部无痛, 肩关节活动正常。良: 复位达解剖位置 80%, 断端稳定, 骨愈合时间 2~ 3 个月, 局部基本无痛, 肩关节活动接近正常。可: 复位达解剖位置 50% 左右。骨愈合时间 3~ 4 个月, 局部轻微酸痛, 肩关节活动受限。差: 内固定不牢, 断端不稳, 骨折

移位, 需再次手术。本组优 68 例, 良 6 例, 可 6 例, 差 0 例。总优良率达 92%。

### 4 讨论

锁骨骨折要求解剖复位<sup>[1]</sup>。肩胛骨与锁骨是连接和支撑上肢的骨骼, 当上臂外展 90° 时, 每升高 10°, 锁骨胸骨端升高约 4°, 肩锁关节在外展 30° 前和 100° 后运动中锁骨沿其长轴旋转<sup>[2]</sup>。锁骨骨折必然破坏上述有机结合和协调(即破坏了正常的 S 型结构), 故应尽早恢复其解剖对位。只有手术治疗才能达到此目的。

根据 AO 学派的观点, 骨折只有在坚强牢稳的内固定后才能促进早期愈合。克氏针内固定克服了 S 型结构的锁骨产生的经向牵引力, 时断时续的轴向牵引力不断地刺激骨折端, 使断端互相加压产生合聚力, 有利于骨折的稳定与愈合<sup>[2]</sup>。有利于伤者早期功能锻炼。本法操作简单, 取出方便, 只要在皮下夹住针尾, 即可抽出, 免除二次手术。

过去主张 8 字绷带外固定治疗锁骨骨折, 常因骨折复位不良, 外固定不稳, 出现畸形愈合, 而且外固定时间长, 活动受限, 生活极不方便。随着人们生活水平和医疗技术的提高, 对不稳定锁骨骨折采用保守治疗已不能满足人们对该病的治疗要求。

与钢板、钢丝内固定比较。因锁骨 S 型特殊结构, 钢板摆放困难, 且骨膜剥离广泛, 所以不利于骨折愈合, 又易产生应力集中, 致钢板两端再骨折。单纯钢丝捆扎常致骨折端滑脱和骨折端无互相加压特点。钢板、钢丝均需二次手术摘除, 增加病人的痛苦和负担。

### 参考文献

[1] 瞿桂华. 锁骨骨折. 骨与关节损伤杂志, 1988, 3: 121.

[2] 王以进. 王介麟. 骨科生物力学, 北京: 人民军医出版社, 1989, 170~ 280.

(收稿: 1998 05 11 修回: 1998 11 10 编辑: 李为农)