

• 生物力学研究 •

从生物力学角度探讨斜形与横形骨折对骨折愈合的影响

张建新¹ 王和鸣² 陈日齐³ 刘献祥²

(1. 泉州市中医院, 福建 泉州 362000; 2. 福建中医学院; 3. 福州大学土建学院)

【摘要】 目的 探讨斜形与横形骨折对骨折愈合速度影响的关系。方法 根据骨骼压电效应原理、临床观察、骨折临床愈合标准, 并经电子计算机有限元计算, 比较斜形与横形不同骨折形状骨折愈合的快慢。结果 横形骨折复位满意后固定牢固稳定, 在骨折的早、中、后期均可承受压应力产生压电效应, 斜形骨折则不能, 而压电效应可促进骨痂生长。在悬臂梁状态(相当于上肢平举)骨折端所受应力与斜形或横形骨折的形状并无明显关系, 而与骨折部位有很大关系。结论 在同一个体、相同部位、骨折复位好的情况下横形骨折比斜形骨折愈合较快。

【关键词】 骨折愈合; 生物力学

Influence on fracture healing by the oblique and transverse types of fractures from the view point of biomechanics Zhang Jianxin, Wang Heming, Cheng Riqi, et al. Quanzhou Traditional Chinese Medicine Hospital (Fujian Quanzhou, 362000)

【Abstract】 Objective To investigate the influence of oblique and transverse types of fracture on fracture healing from the point of view of biomechanics **Methods** According to the principle of piezoelectric effect, the clinical observation, the standard of the fracture clinical healing and the finite element calculation by EC, the fracture healing speed in different fracture forms were analyzed. **Results** After satisfactory reduction and firm fixation, the transverse fracture produced piezoelectric effect under bearing stress in the earlier period, metaphase, anaphase of the fracture, however in the oblique fracture or the spiral fracture the piezoelectric effect did not exist; the piezoelectric effect is able to accelerate the growth of the bony callus. With arms in horizontal position, the stress of the fracture ends do not clearly relate with the types of the fracture transverse or oblique, however, it is related with the sites of the fracture. **Conclusions** The transverse fractures heal up faster than the oblique ones following satisfactory reduction.

【Key words】 Fractures healing; Biomechanics

几乎所有骨科教科书^[1-3]上均写着: 斜形骨折、螺旋形骨折比横形骨折愈合快。然而临床观察却并非如此, 尤其是下肢的斜形、螺旋形骨折病人, 医生总要提醒病人应该在骨痂长牢之后, 再下地负重, 以防发生再移位。本文想从以下几个方面说明在骨折复位满意, 在年龄、健康状况、局部血循环等条件相同的情况下, 横形骨折比斜形骨折愈合更快。

1. 横形骨折复位后较稳定

横形骨折一旦满意复位, 由于肢体肌肉的纵向收缩力将使骨折端更加紧密接触, 而不易再移位, 斜形骨折则必须克服肌肉的纵向收缩力, 以防发生再次移位。同时, 横形骨折固定后较牢固, 大多数横形骨折复位后经夹板或石膏外固定后可维持复位至愈合。斜形骨折则经常出现再错位而须重新复位或改为手术治疗。

2. 横形骨折经外固定或内固定后早期即可承受纵向压应力, 刺激骨折端产生压电效应, 有利于骨折愈合

有学者^[4]通过实验证实生理性应力包括外加载荷和肌肉收缩引起的间断压应力, 在早、中期可明显刺激骨痂生成, 在后期可促进骨痂的塑形改造, 提高了骨痂的质量, 促进骨折愈合。而斜形骨折早、中期在压应力作用下, 将产生较大的剪切应力致再次移位, 见图 1; 因此斜形骨折在骨折的早、中期不能承受压应力作用, 也就是不能产生压电效应, 故骨折愈合较慢。

3. 横形骨折与斜形骨折在单位面积上开放的血管区是相同的

现有的教科书^[1-3]上写着: “在骨断端相互接触的基本条件下, 斜形骨折比横形骨折较易愈合, 是因为骨折端面积大, 有较大范围的血管区来供应骨痂的生长, 有利于愈合”。然而其骨折的断面虽然较大, 开放的血管区相应增大, 但其所需骨痂也相应增多, 与横形骨折相比单位面积里开放的血管区是相同的, 若斜形骨折的骨痂没有相应生长比横形骨折多, 填满

其骨折间隙, 将形成应力集中点, 易遭受破坏, 发生再骨折。而且现有的研究不能证明斜形骨折的血管会产生更多的成骨细胞, 或对骨折愈合的介导机制更加有效^[3], 因此我们认为既然单位面积内的血管区相同, 在同等条件下将产生单位面积内相同的骨痂, 这样无论骨折线有多长, 面积多大, 都没有理由愈合更快。

4. 下肢的横形骨折病人比斜形骨折病人可早下地早负重, 更早达到骨折临床愈合标准

骨折临床愈合标准必须具备: ①局部无压痛, ②无异常活动, ③X线显示骨折线模糊, 有连续性骨痂通过骨折线。④解除固定后下肢连续行走 3 分钟不少于 30 步, ⑤连续观察 2 周骨折不变形, 从观察的第 1 天起为骨折临床愈合时间。由于身体的重量对下肢横形骨折不构成剪切应力, 而对斜形骨折将产生较大剪应力, 因此在单位面积骨痂相同的情况下, 横形骨折病人可以较早下地负重行走, 达到临床愈合标准。

5. 即使上肢平举, 横形骨折的骨痂承受的应力并不比斜形骨折大

上肢骨折的临床愈合标准基本与下肢同, 唯第④点为解除固定后上肢能平举 1kg 达 1 分钟。假设横形、斜形骨折单位面积内的骨痂量相等, 尽管这实际上是很难达到的, 因为有前述的 1、2 两点的关系。把上肢作为悬臂梁, 肱骨中段有横

形与斜形两种不同骨折, 将骨折达临床愈合标准的骨痂的弹性模量设定为正常皮质骨的 2/3, 分别对上肢远端施以垂直和水平两种力, 并将斜形骨折设定为正斜、反斜两种情况, 共有 5 种不同工况(见图 2~6), 除图 6 中的 1、2、3、4、5、6、7、8 表示节点的位置外, 其它数据单位均为 cm。将皮质骨的弹性模量定为 $1.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$, 泊松比为 0.2; 骨痂的弹性模量为 $1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$, 泊松比为 0.3^[5], 通过 5.4 版的 ANSYS 软件包, 采用平面有限元计算, 结果见表 1。从表 1 中可看出骨折处 X 轴上承受的应力大小与骨折形状没有多大关系, 而与骨折部位即离固定点的距离有很大关系, 因此, 不能得出哪种形状骨折的骨折端所承受的应力更小或更大。

表中 A, B, C, D, E 分别代表图 2、3、4、5、6 五种不同工况, 其节点序号按顺时针方向如图 6 所示。Usum 为变形量, 单位为 cm; δ_x 为 X 轴上的应力, 单位为 kg/cm^2 。从表中比较 A, B, D 三种工况, 选变形最大的节点 4、节点 5 比较, 可看出其变形差别相当小, 最多为 0.00022cm, 说明上肢平举提物横形骨折与斜形(无论正斜还是反斜形)骨折的骨折远端的变形差别相当小, 也就是说上肢平举提物时横形骨折与斜形骨折所受的破坏没什么差别。而 X 轴上的所受应力大小, 选应力变化较大的节点 3、节点 6 比较, 可见因骨折线不同, 受力点位置不同而有较大差别, 图 3(B 工况) 中斜形骨折节点 3 的位

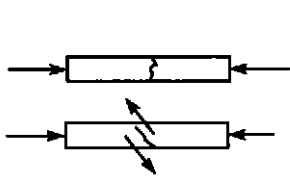


图 1 横形骨折及斜形骨折受纵向压力示意图

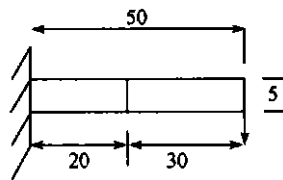


图 2 上肢横形骨折平举提物受力

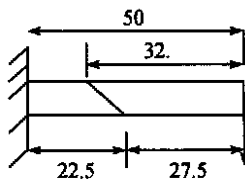


图 3 上肢斜形骨折平举提物受力

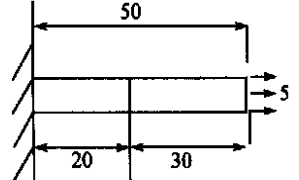


图 4 上肢横形骨折下垂提物受力

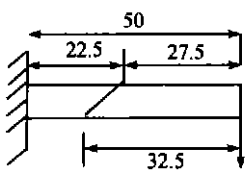


图 5 上肢反向斜形骨折平举提物受力

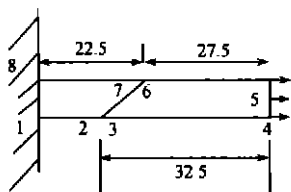


图 6 上肢反向斜形骨折下垂提物受力

置距离肢体远端点较近, 因此受力小, 图 5(D 工况) 中反斜形骨折节点 3 的位置距肢体远端较远, 故受力大, 两者相差达 1.07 kg/cm^2 , 说明上肢平举提物骨折端所受应力变化因受力点位置不同有较大差别, 与骨折线的形状没有多大关系。再比较 C, E 两种工况, 可看出变形量和应力均相当小, 并且两种骨折形状的变形量和应力差别更小, 说明上肢下垂提物骨折端所受应力及变形破坏均较平举提物要小得多, 相差 10 至 100 倍, 且横形与斜形骨折没有明显差别。因此, 可以得出上

表 1 5 种不同工况关键节点的应力, 总变形量的关系表

工况	δ, U	节 点			
		3	4	5	6
A	Usum δ_x	-7.11067	2.68951E-02	2.69317E-02	7.11067
B	Usum δ_x	-6.10516	2.67144E-02	2.66817E-02	7.84596
C	Usum δ_x	0.8	2.73687E-04	2.73687E-04	0.8
D	Usum δ_x	-7.17723	2.66817E-02	2.67148E-02	7.84596
E	Usum δ_x	0.804	2.75878E-04	2.75926E-04	0.804

肢骨折在平举提物时所受应力及变形破坏明显大于下垂提物,而横形与斜形骨折在相同部位受到的变形破坏及应力大小并无明显差别。

综上所述,横形骨折复位后较稳定;横形骨折经外固定或内固定后早期即可承受纵向压应力,刺激骨折端产生压电效应,有利于骨折愈合;横形骨折与斜形骨折在单位面积上开放的血管区是相同的;下肢的横形骨折病人比斜形骨折病人可早下地早负重,更早达到骨折临床愈合标准;即使上肢平举,横形骨折的骨痂承受的应力并不比斜形骨折大。从以上观点来看,在相同部位骨折复位好的情况下,横形骨折没有理由比斜形骨折愈合慢,反而应该较快。同理,横形骨折也应比螺旋形骨折愈合快,因为螺旋形骨折在纵向压力作用下也会产生

剪切应力致再次移位。当然,理论的设想有赖于实践的验证,而临床观察受很多不定因素影响,难以标准化。因此,最好能通过动物实验来证实。

参考文献

- 1 王亦璁,孟继懋,郭子恒.骨与关节损伤.北京:人民卫生出版社,1980.138.
- 2 张安桢,武春发.中医骨伤科学.北京:人民卫生出版社,1988.176.
- 3 马克昌,冯坤,朱太咏,等.骨生理学.郑州:河南医科大学出版社,2000.357-362.
- 4 孟和,顾志华.骨伤科生物力学.北京:人民卫生出版社,1991.275.
- 5 王以进,王介麟.骨科生物力学.北京:人民军医出版社,1989.161.

(收稿:2002-05-28 编辑:李为农)

• 短篇报道 •

非固定疗法治疗创伤性浮动胸壁

徐忠能 陈德铭 王涛

(昆明市第一人民医院,云南 昆明 650011)

自 1990 年以来,我们共对 38 例浮动胸壁病人采用以治疗肺挫伤为主的非固定疗法,取得良好效果,现报道如下。

1 临床资料

本组 38 例病人中男 29 例,女 9 例;年龄 18~67 岁,平均 34 岁。致伤原因:车祸伤 31 例,挤压伤、坠落伤 5 例,其他 2 例。发生于左侧 18 例,右侧 14 例,双侧 6 例。

全组病人伤后均有呼吸困难、胸痛、浮动胸壁,其中并发发绀 17 例、血痰 32 例、皮下气肿 16 例、不同程度休克 11 例,伤侧呼吸音均减弱,可闻及痰鸣音及水泡音。X 线检查示肋骨骨折 3~12 根,其中发生双段以上骨折多例,伤侧肺野内呈大小不等片絮状阴影,双肺改变者 5 例,合并血气胸者 34 例,其中双侧血气胸 4 例,张力性气胸 9 例,锁骨骨折 10 例,脑挫裂伤 3 例,脊柱压缩骨折、股骨骨折、颅底骨折、创伤性膈疝各 1 例,其中 5 例合并成人呼吸窘迫综合征(ARDS)。

2 治疗方法和结果

全组均采用以治疗肺挫伤为主的非固定疗法,早期止痛,保持呼吸道通畅,积极纠正低氧血症,控制液体入量,加强呼吸道护理,包括呼吸道的湿化、雾化、有效排痰,认真处理合并伤,使用抗生素预防感染。对合并肺不张的病人于病情平稳后行支气管镜吸痰及灌洗。

大部分病人经治疗 2~3 天后呼吸平稳,5~10 天后可下床活动,肺内罗音消失,X 线摄片肺野清晰,8~15 天反常呼吸运动消失。5 例合并 ARDS 者早期即使用呼吸机,采用呼气末正压(PEEP)吸入高浓度氧,待 P_{6O_2} 正常后停机,其中 1 例因合并颅底骨折出血死亡,余均治愈出院。

3 讨论

近年来人们发现此类病人呼吸困难的程度不与浮动胸壁范围成正比,而取决于肺挫伤的程度,只要肺实质无明显损害,浮动胸壁产生的反常呼吸运动可由呼吸作用增强所代偿^[1]。加压包扎固定胸壁虽限制了反常呼吸运动的幅度,同时也使浮动胸壁内陷,加重肺挫伤,使伤侧肺扩张受限,咳嗽动作受限制,加重呼吸困难,易导致肺不张^[2]。即使愈合,胸

壁畸形也更加严重。以上对浮动胸壁病理生理的认识,动摇了传统固定胸壁的理论,为非固定疗法治疗浮动胸壁提供了理论依据。

我们采用的以治疗肺挫伤为主的非固定疗法,有利于病人翻身、咳嗽排痰,简便易行,病人易于接受,临床效果好。肺挫伤主要为肺泡和肺间质出血、水肿和渗出,导致肺活量、潮气量、功能残气量减少,肺顺应性降低,通气/血流比例失调,氧交换障碍,从而造成低氧血症和呼吸困难。因此我们认为肺挫伤是治疗的重点,治疗肺挫伤应采取综合措施:①保持呼吸道通畅,预防肺功能不全。超声雾化吸入,鼓励病人咳嗽咯痰。②早期止痛。轻者口服止痛药,重者肌注吗啡类镇痛剂。③充分吸氧,改善低氧血症。④及时纠正休克,纠正血容量不足,提高胶体渗透压,控制液体入量,利尿,防止肺水肿发生。⑤使用抗生素防止肺部感染。

浮动胸壁伴肺挫伤是并发 ARDS 的病理基础,如经抗休克处理后呼吸困难仍继续加重应高度怀疑 ARDS,充分吸氧后 $P_{6O_2} < 6.67kPa (50mmHg)$ 即可确诊。本组经血气确诊 ARDS 5 例,一经确诊,早期使用呼吸机是治疗成功的关键。呼吸机正压给氧不但能消除反常呼吸,还可减轻肺泡和间质的出血、水肿及渗出,增加功能残气量,吸入高浓度氧可改善缺氧症状。早期、短程、较大剂量使用激素可降低毛细血管通透性、改善微循环、促使肺泡表面物质的产生。

浮动胸壁病人常有合并伤存在,应及时处理,尤其是对呼吸道阻塞、血气胸、胸腹联合伤、脏器出血及休克者应首先予以处理,然后按常规治疗肺挫伤,这是提高疗效、降低死亡率的关键。

参考文献

- 1 王国清,李行迪.创伤性浮动胸壁治疗探讨.中华胸心血管外科杂志,1996,12(1):29-30.
- 2 耿德森,关吉尧,李春茂,等.创伤性浮动胸壁 16 例报告.中华胸心血管外科杂志,1993,9(3):245.

(收稿:2002-02-21 编辑:荆鲁)