

动态应力钢板与AO钢板对羊股骨干骨折愈合的影响*

谭远超¹, 周纪平¹, 闫虎², 张恩忠¹, 张秋玲³

¹ 山东省文登整骨医院, 山东省文登市 264400; ² 福建中医药大学, 福建省福州市 350122; ³ 泰山医学院, 山东省泰安市 276000

谭远超, 男, 1953年生, 山东省文登市人, 汉族, 1998年华西医科大学毕业, 主任医师, 主要从事骨外科的研究。
abcdzhoujiping@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 2095-4344(2012)52-09744-06

收稿日期: 2012-03-09
修回日期: 2012-05-08
(20110509021/WL C)

文章亮点: 观察动态应力(CO)钢板与普通应力(AO)钢板治疗羊股骨干骨折愈合的效果, 发现 CO 钢板组骨折断端的血液循环、骨痂含量均优于 AO 钢板组骨折断端。

关键词: 动态应力钢板; 磁共振; 骨折愈合; X射线; 羊; AO 钢板; 股骨干骨折; 植入体

摘要

背景: 目前钢板内固定治疗骨折愈合出现应力遮挡影响骨折愈合。

目的: 观察动态应力钢板(CO 钢板)与普通应力钢板(AO 钢板)治疗羊股骨干骨折愈合的效果。

方法: 24 只山羊制备股骨干骨折模型, 造模后随机分为 2 组, AO 钢板组和 CO 钢板组分别用 AO、CO 钢板内固定, 分别在 1, 2, 3 周取出股骨, 常规行 X 射线与磁共振扫描。

结果与结论: X 射线显示 1 周时, 两组钢板骨折断端均未见明显变化, 骨折线清晰可见; 2 周 AO 钢板组骨折断端无明显变化, 骨折线明显, CO 钢板组骨折断端骨密度增高, 骨折线开始变模糊; 3 周 AO 钢板组骨折断端骨密度增加, CO 钢板组骨折断端骨密度继续增高, 出现云絮状外骨痂。MRI 显示 1 周时, 两组钢板骨折断端 T1WI 呈高信号, T2WI 压脂序列上呈低信号, 但 AO 钢板组骨折断端 PDIR-TSE 呈低信号, CO 钢板组呈高信号。2 周时两组骨折断端 T1WI 呈等或高信号, 在 T2WI 压脂序列上呈等或低信号, AO 钢板组 PDIR-TSE 呈低信号, CO 钢板组呈高信号。3 周 AO 钢板组可见骨折线明显, 骨折断端在 T1WI 呈等或低信号, 在 T2WI 压脂序列上呈等或低信号, PDIR-TSE 呈低信号; CO 钢板组骨折断端可见骨折线模糊, 骨折断段在 T1WI 上呈等或高信号, 在 T2WI 压脂序列上呈等或低信号, PDIR-TSE 呈等或高信号。提示 CO 钢板组骨折断端的血液循环、骨痂含量均优于 AO 钢板组骨折断端。

Effect of dynamic stress plate and AO plate on the healing of sheep femoral shaft fractures

Tan Yuan-chao¹, Zhou Ji-ping¹, Yan Hu², Zhang En-zhong¹, Zhang Qiu-ling³

Abstract

BACKGROUND: Stress shielding can influence the healing of fracture in the treatment of fracture healing by plate fixation.

OBJECTIVE: To observe the effect of dynamic stress plate (CO plate) and the normal stress plate (AO plate) on sheep femoral shaft fracture healing.

METHODS: Twenty-four healthy adult sheep were prepared for establishing the femoral shaft fracture model. After modeling, the models were divided into two groups: AO plate group and CO plate group. The fractures in the two groups were fixed with AO and CO plate respectively. The femurs with the internal fixation were picked out at 1, 2 and 3 weeks; conventional X-ray and MRI scanning were performed.

RESULTS AND CONCLUSION: X-ray film showed that there was no significant change at the fracture broken ends in two groups, and the fracture line was clear at 1 week after fixation; at 2 weeks after fixation, there was no significant change at the fracture broken end in AO plate group and the fracture line was clear, while in the CO plate group, the bone mineral density at the fracture broken end was increased and the fracture line began to blur; at 3 weeks after fixation, the bone mineral density at the fracture broken end in the AO plate group was increased, the bone mineral density in the CO plate group was increased continuously with the cloud-shaped external callus. MRI scanning showed that at 1 week after fixation, the T1 weighted imaging of the fracture broken end in two groups presented a high signal and the T2 weighted imaging on the fat saturation sequence presented a low signal, but the PDIR-TSE of the fracture broken end in the AO plate group showed a low signal and showed a high signal in CO plate group; at 2 weeks after fixation, T1 weighted imaging of the fracture broken end in two groups presented an equal or higher signal and the T2 weighted imaging on the fat saturation sequence presented a equal or lower signal, while the PDIR-TSE of the fracture broken end in the AO plate group showed a low signal and showed a high signal in CO plate group; at 3 weeks after fixation in the AO plate group, clearly fracture line could be seen, the T1 weighted imaging of the fracture broken end presented an equal or lower signal and the T2 weighted imaging on the fat saturation sequence presented an equal or lower signal, while the PDIR-TSE of the fracture broken end showed a low signal; at 3 weeks after fixation in the CO

plate group, the fracture line at the fracture broken end was blur, the T1 weighted imaging of the fracture broken end presented an equal or higher signal and the T2 weighted imaging on the fat saturation sequence presented an equal or lower signal, while the PDIR-TSE of the fracture broken end showed an equal or higher signal. The blood circulation and the bone callus content at the fracture broken end in the CO plate group were higher than those in the AO plate group.

Tan YC, Zhou JP, Yan H, Zhang EZ, Zhang QL. Effect of dynamic stress plate and AO plate on the healing of sheep femoral shaft fractures. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(52): 9744-9749.

0 引言

目前钢板内固定治疗骨折愈合出现应力遮挡效应^[1-7], 应力遮挡效应使骨折愈合或骨痂生长缺乏应力刺激, 从而造成骨重建负平衡, 使患者骨密度降低、骨结构紊乱、骨皮质和骨松质疏松^[8], 严重影响了骨折的愈合, 为了克服应力遮挡加速骨折愈合, 课题组提出符合“动静结合, 筋骨并重”理念的内固定钢板治疗骨折比其他内固定钢板更有利于骨折愈合的假说, 为了验证此假说, 实验根据“动静结合, 筋骨并重”理念, 把中医应用的小夹板固定, 结合现代科学技术和方法, 从皮肤表面移植到骨折需要固定的部位, 设计动态应力(CO)钢板的形式来实现这一目标。通过制造山羊股骨干骨折模型, 利用影像学观察CO理论指导下的动态应力钢板对骨折愈合的影响。目的在于设计中医理论指导下的动态应力钢板, 减少或消除钢板对骨折断端的应力遮挡效应, 使负重的力传到骨折断端, 刺激骨折的愈合, 同时使中医接骨发展到一个新的阶段, 继承和发展中医骨伤治疗骨折的理论和新技术, 使中医接骨在理论和临床应用上达到治疗骨折的新水平。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验。

时间及地点: 实验于2009年10月2010年10月在泰山医学院完成。

材料: 选择健康成年山羊24只, 雌雄各半, 羊龄平均1.5岁, 体质量平均16.9 kg, 由泰山医学院实验动物中心提供。

钢板由山东文登整骨医院自主研制。

实验方法:

模型制备及干预分组: 按羊下肢静脉的分布选择羊右下肢。造模前1 d禁食, 常规备皮, 静脉麻醉, 实验前注射阿托品0.04 mg/kg, 3%戊

巴比妥钠1 mg/kg腹腔或静脉麻醉, 全麻深度适中, 使动物始终处于静止与清醒状态, 麻醉后碘棉球消毒手术部, 铺巾, 所有造模过程严格按照常规操作规程进行, 暴露羊的股骨, 用线锯法人为制造股骨干骨折, 分别置入两种不同的钢板内固定, 依次关闭伤口, 缝皮包扎, 等山羊苏醒后安返饲养间。造模分3次进行, 内固定的时间分别为1, 2, 3周。

将山羊编号称体质量, 随机分为2组, 每组12只, 造模成功后分别用CO钢板内固定和普通应力钢板(AO钢板)内固定治疗骨折, 相同环境下饲养3周。

造模后处理: 造模后给抗生素, 按时饲养, 勤换饮水, 伤口均I/甲级愈合, 3周后统一处死, 取材, 待钢板拆后采用X射线磁共振检查。

磁共振检测: 用NSM-P035\NAM-P023A型磁共振成像系统检查。扫描序列: SE、STIR+FS, 常规行横断、冠状或矢状位的T1WI, T2WI压脂序列上及PDIR-TSE序列扫描。所有病例使用膝关节线圈成像。T1WI: TR/TE=450/20 ms, T2WI: TR/TE=4 500/240 ms, PDIR-TSE: TR/TE=2 200/18 ms。FA: 90°; NSA=4次; 矢状面及冠状面成像: 层厚4.5 mm。对骨折端愈合情况由同一影像诊断师做出。

主要观察指标: X射线观测骨折断端骨痂的生长情况, 磁共振成像T1WI, T2WI压脂序列及PDIR-TSE序列扫描观测骨折断端的血液循环与骨折断端愈合情况。

2 结果

2.1 实验动物数量分析 24只羊中共有7只不明原因死亡, 后调查均因腹腔麻醉死亡, 又均补上, 用静脉麻醉, 无死亡。

2.2 X射线骨折断端骨痂的生长

愈合1周: AO钢板和CO钢板愈合1周X射线平片均见骨折线锐利, 对位对线好, 骨折断端

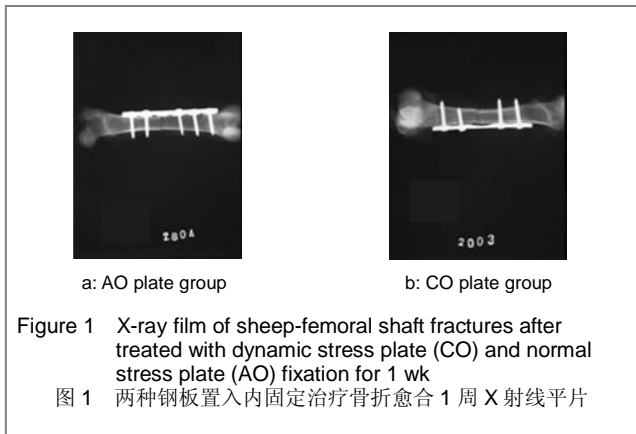
¹Wendeng Orthopedics and Traumatology Hospital, Wendeng 264400, Shandong Province, China;
²Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350122, Fujian Province, China;
³Taishan Medical University, Taian 276000, Shandong Province, China

Tan Yuan-chao, Chief physician, Wendeng Orthopedics and Traumatology Hospital, Wendeng 264400, Shandong Province, China
abcdzhoujiping@163.com

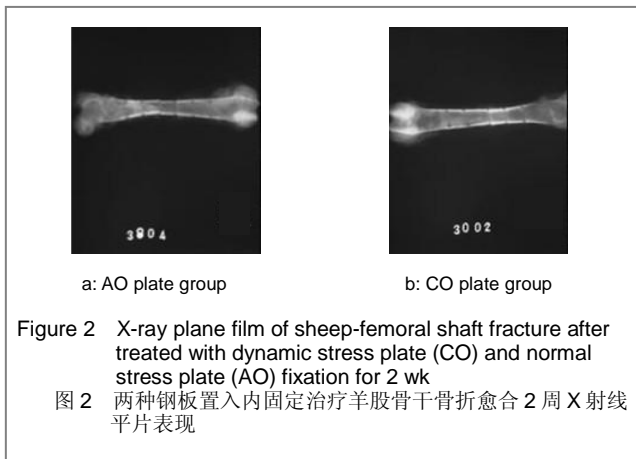
Supported by: Special Research Foundation of National Traditional Chinese Medicine Industry, No.200807010*

Received: 2012-03-09
Accepted: 2012-05-08

无明显变化, 未见骨痂生长, 见图1。



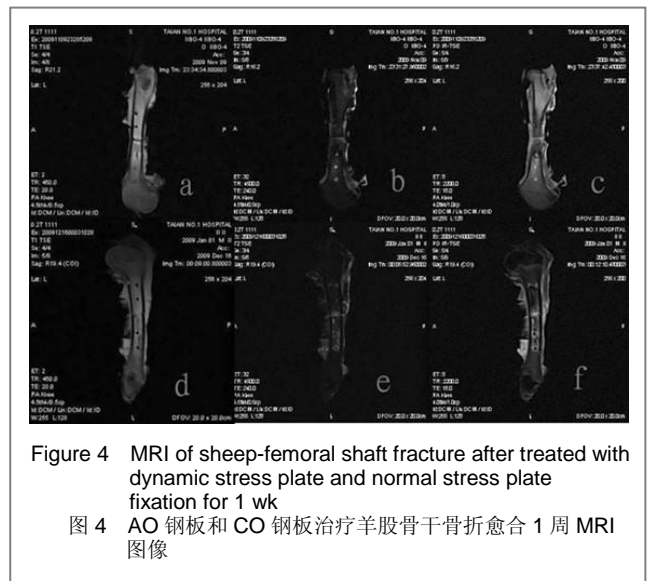
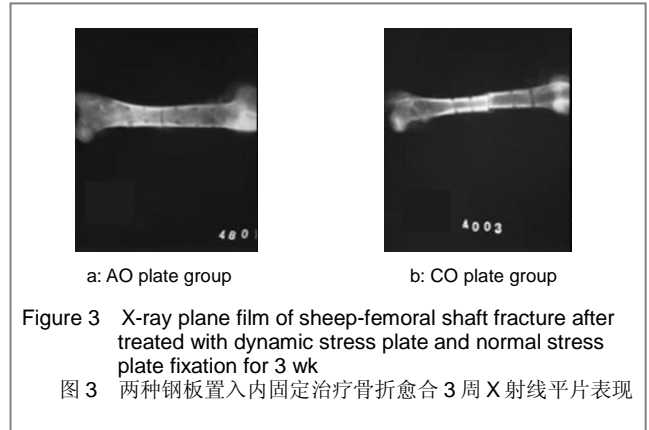
愈合2周: AO钢板组X射线平片见骨折线开始模糊, 对位对线好, 断端信号有增高说明有骨膜反应, 但无连续性骨痂通过。CO钢板组X射线平片见对位对线好, 骨折线模糊, 断端高信号, 有连续性骨痂通过, 骨折线周围有梭形影像, 见图2b。此时两组断端周围骨皮质信号降低, 说明已经开始有骨质疏松情况。



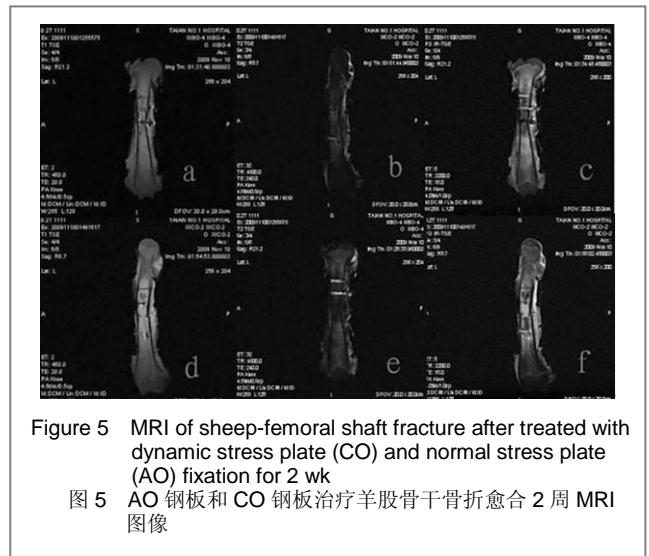
愈合3周: AO钢板组X射线平片见对位对线好, 骨折线更加模糊, 断端周围信号增高, 有一定连续性骨痂通过, 骨两端信号降低, 说明密度降低, 骨质疏松明显, 见图3a; CO钢板组愈合X射线平片见骨折线更加模糊, 对位对线好, 断端信号增高, 断端全部有连续性骨痂通过, 两端信号皮质骨信号有一定降低, 说明有一定骨质疏松, 但是没有AO组明显, 见图3b。

2.3 磁共振T1WI, T2WI压脂序列上及PDIR-TSE序列扫描观测骨折断端血液循环与骨折断端愈合

愈合1周: AO组MRI可见骨折线锐利清晰, 骨折断端在T1WI上呈高信号, 见图4a; 在T2WI压脂序列上呈低信号, 见图4b; PDIR-TSE呈低信号, 见图4c。CO钢板组MRI可见骨折断段在T1WI上呈等或高信号, 见图4d; 在T2WI压脂序列上呈低信号, 见图4e; PDIR-TSE呈高信号, 见图4f。



愈合2周: AO钢板组MRI可见骨折断端在T1WI, 见图5a; 上呈等或高信号, 在T2WI压脂序列上呈等或低信号, 见图5b; PDIR-TSE呈低信号, 见图5c。CO钢板组MRI可见骨折断段在T1WI上呈等或高信号, 见图5d; 在T2WI压脂序列上呈等低信号, 见图5e; PDIR-TSE呈高信号, 见图5f。



愈合3周: AO钢板组MRI可见骨折线明显, 骨折断端在T1WI上呈等或低信号, 见图6a; 在T2WI压脂序列上呈等低信号, 见图6b; PDIR-TSE呈低信号, 见图6c。CO钢板组MRI可见骨折线模糊, 骨折断段在T1WI上呈等或高信号, 见图6d; 在T2WI压脂序列上呈等或低信号, 见图6e; PDIR-TSE呈等或高信号, 见图6f。

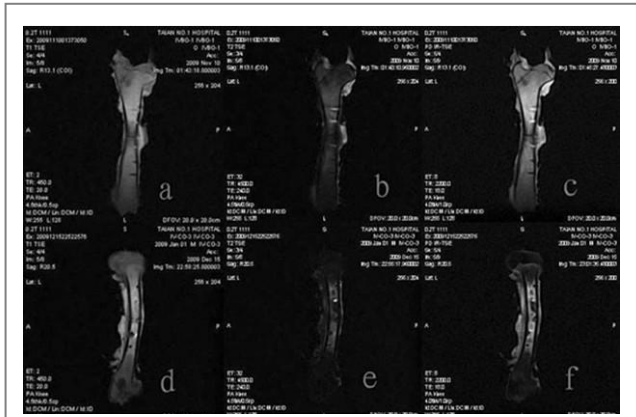


Figure 6 MRI of sheep-femoral shaft fracture after treated with dynamic stress plate and normal stress plate fixation for 3 wk
图6 AO钢板和CO钢板治疗羊股骨干骨折愈合3周MRI图像

3 讨论

3.1 钢板的选择 选用AO理论指导下的钢板和CO理论指导下的动态应力钢板。1958年, 一些外科和骨科医生志愿付出时间和精力, 积极筹措经费, 创建了一个专门研究团体, 并研制了一整套能满足研究需要的设备, 不断进行临床试验。这个研究组被命名ArAeitsgemeinsehaftfurOsteo-synthesefragen(AO)^[9]。

AO内固定的原则就是坚强的内固定, 但因加压钢板的弹性模量是密质骨的10倍, 产生应力代替(应力遮挡)不利于骨折的愈合, 20世纪90年代初提出了生物学接骨技术(biological osteosynthesis, BO)的新概念即BO原则, 强调保护软组织以及骨折部位血供和弹性固定, 不破坏骨生长发育的正常生理环境, 强调有效固定而非坚强固定。在BO基础下, 内固定技术核心是避免直接暴露骨折端, 维持适当稳定的固定, 最大程度保护骨折断端以及周围的血供, 为骨折愈合、软组织修复提供良好的生物学环境^[10], 骨折部位干扰小, 明显降低植骨率, 减少了骨不连的发生^[11]。

BO理论指导下的内固定钢板具有以下几个特点: ①螺钉与接骨板之间锁定, 从而具有角稳定性。②由于作用在接骨板上的应力被每一枚螺钉分散, 因此不容易

出现钢板或螺钉断裂的现象, 尤其适用于骨质疏松的患者。③对骨和软组织的血运影响较小, 符合微创技术, 失血量也明显减少, 功能恢复较快^[12]。④接骨板与骨之间不是紧密接触, 对骨折血运破坏少。

尚天裕教授等融中国传统医学和西方医学之精华为一体, 以生物力学为主要实验手段, 提出了CO理论, 其理论概括形成了“筋骨并重, 动静结合, 内外兼治, 医患合作”十六字真言。尚天裕等^[13]认为, 功能是骨折治疗的生命。CO理论指导下的动态应力钢板属于“弹性固定”的范畴。CO理论指导下动态应力钢板的特点: 最大限度的减少了“应力遮挡”效应, 使一部分力通过骨折端, 刺激断端骨痂生长, 更有利于骨折愈合。

研究表明接骨钢板即使未充分的解剖塑形仍可维持骨折端复位后的位置, 与骨膜不接触, 最大限度减少对骨折局部血供的损伤。同时, 内固定钢板位于肌下骨膜外^[14], 与骨膜之间有一层薄薄的缝隙, 其对骨面无压迫, 可看作是一种不接触钢板, 对骨折端血运无干扰, 并将作用于接骨板上的外力转变为纯张力性外力, 肌肉下置入减少了伤口的并发症与感染率符合生物学原理, 为骨折早期愈合提供条件, 同时由于不需要钢板在骨表面加压, 减少了术中因拧紧螺钉而造成的复位丢失^[15]。

把AO理论指导下的钢板和CO理论指导下的动态应力钢板分别固定于骨折断端, 目的是为了比较两种钢板对骨折愈合的影响, 使小夹板理论转变为现代科技, 为中医骨伤科学内固定的发展奠定基础。

3.2 骨折模型的建立 在以往文献中动物长骨骨折模型报道很多, 如闭合造模^[16]、基因骨折造模等^[17], 动物有哺乳类小鼠^[18]、大鼠^[19]、兔^[20]、牛^[21], 但是使用磁共振来观察动物模型骨折愈合从而推断其内固定系统利弊的文献却很少。国内外学者主要在组织化学、形态学、振动分析、机械测定、放射学及生物学技术等方法诊断骨折愈合方面进行了研究。

实验采用羊来制造股骨干骨折的模型(统一用羊的右下腿), 优点是羊温顺, 进行动物模型实验次于灵长类动物, 是一种理想的造模方式。在造模后动物患肢有一定的活动, 不影响动物饮食, 有利于预后的同时下肢存在一定的负重, 这样肌肉收缩就会和内固定以及骨形成一种“微动”, 更符合骨折愈合的自然进程。缺点是费用比较高, 造模时间比较长, 手术难度大易造成骨折畸形愈合及缺血性肌挛缩, 由于实验对象是羊, 不能遵循“医患合作”模式, 在拍X射线和MRI时不能以活体的方式进行, 只能在取材后进行。

3.3 X射线表现及病理变化 骨折区的骨密度变化取

决于以下3个方面: ①骨折端局限性骨坏死及废用性骨质疏松导致的骨量丢失、骨密度降低。②骨折端发生的膜内化骨、软骨内化骨致使骨量增加、骨密度增高。③断端骨小梁的扭曲、嵌插使密度增高。

愈合1周: 两组钢板内固定骨折断端信号均降低, 骨折线锐利, 断端周围无明显变化。**愈合2周:** CO理论指导下的动态应力钢板组骨折断端信号增高明显, 在断端周围出现梭形的低高密度影像, 骨折线开始与周围信号趋向一致; AO理论指导下的钢板组骨折断端信号增高, 断端无梭形影像, 骨折线开始与周围信号趋向一致, 但没有CO钢板组明显, 两组断端周围骨皮质密度降低, 显示均有不同程度的骨质疏松。

愈合3周: 两种钢板组骨折断端信号均进一步增高, CO理论指导下的动态应力钢板组高信号弥漫于骨折线周围; AO理论指导下的钢板组两端信号高于中间, 骨折线两端模糊。两组钢板在不同的时间点均反映了骨折愈合的情况。

总体上CO钢板组X射线平片上表现为骨折断端的信号以及骨折线的模糊程度高于AO钢板组, CO钢板组在两周后有连续性骨痂通过, AO钢板组只有断端一边出现。所以在骨折愈合中, 骨痂的爬行速度快于AO钢板组, 更有利于骨折的愈合。

3.4 MRI的表现及病理学变化 骨折愈合的自然过程分为几个自然分期: ①血肿机化期。②原始骨痂形成期。③骨痂改造塑型期。两种愈合模式, 即I期愈合(直接愈合、接触愈合)和II期愈合(间接愈合、自然愈合)。

磁共振成像有高于CT数倍的软组织分辨能力, 它能敏感地检出组织成分中水含量的变化。骨折损伤早期生物反应的时间为7 d包括局部骨髓、骨膜、邻近软组织和骨本身, 导致部分组织细胞坏死, 出血。所以在愈合1周的MRI图像上出现骨折线锐利清晰, 由于断端出血, 血肿形成含有纤维蛋白网架的血凝块, 在出血和骨折断端有限坏死区内产生无菌性炎症, 两组在T1WI上呈高信号, 在T2WI压脂序列上呈低信号均反映了出血及水肿的情况。因此如果骨折造成的周围骨髓内水肿和出血严重或者骨折周围血液循环较好, 在T2WI上信号就较高, 使得病变显示不明显, 在脂肪抑制序列上, 将高信号的脂肪抑制后, 能很好地突出显示病变区内的异常高信号, 因此, 对于骨折端水肿及出血及肉芽组织变化情况可通过STIR+FS序列进行比较清楚的检查和诊断^[22], 如果出现多种信号混杂(T1, T2), 说明骨折断端尚未完全骨性愈合, 应注意适当的制动^[23]。

愈合2周的图像反应了肉芽组织形成期及原始骨痂爬

行的情况, MRI图像上, 骨折断端随着骨及周围软组织破坏, 血肿的机化, 肉芽组织形成, 间充质细胞聚集, 分化出软骨细胞基质, 形成软骨, 故两组骨折断端在T1WI上呈等或高信号, 在T2WI压脂序列上呈等或低信号, 但CO钢板组更明显, 说明CO钢板组分化程度高, 愈合快。

愈合3周, 软骨膜内骨祖细胞增殖分化成成骨细胞, 进一步形成初级骨小梁。AO钢板组骨折线相对明显, 骨折断端在T1WI上呈等或稍高信号, 在T2WI压脂序列上呈等或低信号, 等信号出现说明有成骨细胞分化, 但成骨细胞分化程度低。CO钢板组骨折线模糊, 骨折断段在T1WI上呈等或高信号, 在T2WI压脂序列上呈等或低信号, 说明成骨细胞分化程度高。

3个时间点AO组PDIR-TSE均呈低信号, CO钢板组PDIR-TSE均呈高信号, 说明愈合过程中CO钢板组断端含水量高于AO组, 进一步说明CO钢板组断端微循环丰富。

磁共振有高于CT数倍的软组织分辨能力, 它能敏感地检出骨折断端组织成分中水含量的变化, 间接反应周围微循环的情况, 通过微循环的变化, 来推断微循环是否有利于骨折的愈合。

通过3个时间点拍摄的股骨动物模型断端X线以及MRI来推断, CO理论指导下的动态应力钢板固定股骨干骨折断端微循环与骨痂生长情况早骨折愈合早期要优于AO理论指导下的钢板, 但是由于条件限制, 不能从更长时间观测骨折断端的愈合情况, 因此在骨折愈合的后期情况还需要继续观测。

结论: 经过对羊股骨干骨折动物模型的研究和应用, 将CO理论指导下的动态应力钢板通过动物实验来体现对骨折愈合的影响, 磁共振成像对骨折愈合有很高的诊断价值, X射线平片也从一定程度上反映了骨折的愈合, 其信号从病理学角度能够反映CO理论指导下的动态应力钢板对骨折愈合的影响, 结果显示CO理论指导下的动态应力钢板组治疗骨折断端的血液循环、骨痂含量在骨折愈合早期优于AO钢板组骨折断端。

4 参考文献

- [1] Liu ZD, Fan QY. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2002; 4(1):62-64.
刘振东, 范清宇. 应力遮挡效应: 寻找丢失的钥匙[J]. 中华创伤骨科杂志, 2002, 4(1):62-64.
- [2] Wang Y, Wang ZY. Zhonghua Waike Zazhi. 1993; 31(4): 248-250.
王友, 王震宇. 钢板内固定对局部皮质骨微循环影响的形态学研究[J]. 中华外科杂志, 1993, 31(4):248-250.

- [3] Wang P. Zhonghua Guke Zazhi. 2000;20(10):428.
王沛.AO技术及相关问题[J].中华骨科杂志,2000,20(10):428.
- [4] Tonino AJ, Davidson CL, Klopper PJ, et al. Protection from stress in bone and its effects. Experiments with stainless steel and plastic plates in dogs. J Bone Joint Surg Br. 1976;58(1): 107-113.
- [5] Lu YP, Ge BF, Xu ST, et al. Beijing: Renmin Junyi Chubanshe. 1995.
陆裕朴,葛宝丰,胥少汀,等.实用骨科学[M].北京:人民军医出版社,1995.
- [6] Zhang YD, Zhang W, Wang YL, et al. Zhongguo Linchuang Jiepouxue Zazhi. 2007;25(5):579-582.
张玉朵,张伟,王玉林,等.人工髋关节置换前后股骨及假体的生物力学分析[J].中国临床解剖学杂志,2007,25(5):579-582.
- [7] Feng CH, Zhang TL. Beijing: Renmin Weisheng Chubanshe. 2004:812-820.
冯传汉,张铁良.临床骨科学[M].北京:人民卫生出版社,2004: 812-820.
- [8] Sha M, Guo Z, Fu J, et al. The effects of nail rigidity on fracture healing in rats with osteoporosis. Acta Orthop. 2009 Feb;80(1):135-8.
- [9] Rong GW, Zhai GH, Liu Y, et al. Beijing: Renmin Weisheng Chubanshe. 1905:1.
荣国威,翟桂华,刘沂,等.骨折内固定[M].北京:人民卫生出版社, 1905:1.
- [10] Chen ZW, Liao Y, Dai Z, et al. Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi. 2006;14(8):627-628.
陈志伟,廖瑛,戴祝,等.关节镜辅助下仿MIPPO技术治疗B型胫骨平台骨折[J].中国矫形外科杂志,2006,14(8):627-628.
- [11] Luo CF, Jiang R, Zeng BF. Zhonghua Guke Zazhi. 2006; 26(7): 454-457.
罗从风,姜锐,曾炳芳.微创同定系统治疗膝关节周围复杂骨折[J].中华骨科杂志,2006,26(7):454-457.
- [12] Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, et al. Biomechanics of locked plates and screws. J Orthop Trauma. 2004;18(8): 488-493.
- [13] Shang TY, Gu YW. Tianjin: Tianjin Daxue Chubanshe. 1990: 253-255.
尚天裕,顾云五.中西医结合治疗骨折[M].天津:天津大学出版社, 1990:253-255.
- [14] Yu DF, Wang D, Xu DW. Zhongguo Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi. 2007;22(6):514-515.
于德富,王栋,许东伟.股骨粗隆间骨折手术治疗比较(附173例报告)[J].中国骨与关节损伤杂志,2007,22(6):514-515.
- [15] Yin ZM. Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi. 2009;17(2):143-144.
尹占民.应用锁定钢板治疗股骨远端粉碎性骨折[J].中国矫形外科杂志,2009,17(2):143-144.
- [16] Schimandle JH, Boden SD. Spine update. The use of animal models to study spinal fusion. 1994;19(17):1998-2006.
- [17] Aerssens J, Boonen S, Lowet G, et al. Interspecies differences in bone composition, density, and quality: potential implications for in vivo bone research. Endocrinology. 1998;139(2):663-670.
- [18] Su N. Guoji Bingli Kexue yu Linchuang Zazhi. 2007;27(3): 271-276.
苏楠.小鼠骨损伤模型在骨修复机制研究中的应用[J].国际病理科学与临床杂志,2007,27(3):271-276.
- [19] Hou YL, Che JB, Zhao ZG, et al. Weixunhuanxue Zazhi. 2006; 16(3):45-46.
侯亚利,车建斌,赵自刚,等.双下肢骨折大鼠血液粘度及血清酶活性变化[J].微循环学杂志,2006,16(3):45-46.
- [20] Shi SQ, Wu C. Zhonghua Liliao Zazhi. 1994;17(1):12-13.
施时琴,吴晨.“超音频”电流对动物骨折模型的影响[J].中华理疗杂志,1994,17(1):12-13.
- [21] Wu ZD, Liu D, Huang ZY, et al. Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi. 2005;13(14):1069-1071.
吴震东,刘丹,黄宰宇,等.Pyrford钢丝环扎张力带内固定治疗髌骨骨折的生物力学分析及临床研究[J].中国矫形外科杂志,2005, 13(14):1069-1071.
- [22] Li SL, Zhang XL, Wang G, et al. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2005;7(8):737-740.
李绍林,张雪林,王钢,等.关节软骨损伤和松质骨水肿的MRI诊断和临床意义[J].中华创伤骨科杂志,2005,7(8):737-740.
- [23] Wang CG, Xiao XS, Shen TZ, et al. Zhonghua Guke Zazhi. 1997;17(4):255-257.
王晨光,肖湘生,沈天真,等.椎体骨折及愈合的磁共振成像[J].中华骨科杂志,1997,17(4):255-257.

来自本文课题的更多信息--

基金资助: 国家中医药行业专项科研课题 (200807010)。

作者贡献: 第一、二、四作者进行实验设计, 实验实施为第二、三、四、五作者, 实验评估为第一、四作者, 资料收集为第三、五作者, 第二、三作者成文, 第四作者审校, 第一作者对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 实验过程中对动物的处置符合中华人民共和国科学技术部 2006 年颁布的《关于善待实验动物的指导性意见》标准。

文章要点: ①提出符合“动静结合, 筋骨并重”理念的动态应力钢板治疗骨折比其他内固定钢板更有利于骨折愈合的假设。②以 X 射线、MRI 等影像学观测“动静结合, 筋骨并重”理念指导下动态应力钢板内固定治疗骨折的愈合情况, 并与其他钢板进行比较。

作者声明: 文章为原创作品, 数据准确, 内容不涉及泄密, 无一稿两投, 无抄袭, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无与他人课题以及专利技术的争执, 内容真实, 文责自负。