

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.04.025 [http://www.crter.org]

孙翔, 阚世廉, 袁天祥. 锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折的力学分析[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(4):728-735.

锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折的力学分析[★]

孙翔^{1,2}, 阚世廉², 袁天祥²

1 天津医科大学, 天津市 300070

2 天津医院, 天津市 300211

文章亮点:

锁定加压钢板可以起到加压钢板或/和桥接钢板的作用, 是靠钢板与螺钉的成角稳定性和螺钉与骨之间的把持力来实现骨折内固定的, 适用于骨干或干骺端的简单骨折、粉碎性骨折、关节内及关节周围骨折、骨折延迟愈合、闭合或开放截骨术和不适合髓内钉固定的骨干骨折, 对于骨质疏松骨折和假体周围骨折的内固定有很好的成角稳定性和把持力。在骨髓腔细小和骨质疏松内固定时, 应选用双皮质自攻螺钉来获得把持力, 提高螺钉工作长度。并选择适宜的钢板长度、螺钉数量, 置入合适的螺钉位置。

关键词:

骨关节植入物; 骨关节植入物学术探讨; 锁定加压钢板; 胫骨骨折; 生物力学; 内固定; 钢板; 螺钉; 解剖复位; 加压固定; 解剖钢板; 粉碎性骨折; 拉出力; 弯曲应力; 成角稳定性; 抗疲劳测试; 感染; 骨折延迟愈合

摘要

背景: 锁定加压钢板结合了传统钢板和支架原理, 即头部有锁定螺纹的螺钉和钢板锁钉孔构成的内固定支架锁定单元, 又有传统螺钉和动力加压孔构成的内固定支架加压单元, 在骨折的内固定治疗方面具有很多优势。

目的: 分析锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折的生物力学特点, 以及在胫骨骨折治疗中的疗效。

方法: 锁定加压钢板是靠钢板与螺钉的成角稳定性和螺钉与骨之间的把持力来实现骨折内固定的。骨髓腔细小时应避免螺钉尖端损伤近端皮质的骨螺纹, 应更换为双皮质自攻螺钉至少在对侧骨皮质获得把持力。骨质疏松植入螺钉, 由于单皮质骨螺钉产生的工作长度减少, 在所有骨折块均使用双皮质自攻螺钉, 以提高螺钉工作长度。当长骨轴线与钢板对线不良时, 要么打入长自攻螺钉, 要么改变角度打入标准螺钉。锁定加压钢板应选择适宜的长度, 钢板的长度取钢板跨越比和钢板螺钉密度, 钢板与螺钉间的应力还受螺钉数量和位置的影响。

结果与结论: 锁定加压钢板置入内固定可应用于骨干或干骺端的简单骨折、粉碎性骨折、关节内及关节周围骨折、骨折延迟愈合、闭合或开放截骨术和不适合髓内钉固定的骨干骨折, 对于骨质疏松骨折和假体周围骨折的内固定有很好的成角稳定性和把持力。锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨干骨折均取得满意的疗效, 符合生物力学固定原理。需要术者熟练掌握锁定加压钢板的内固定技术, 避免由于失误导致内固定的失败。

Mechanical analysis of locking compression plate fixation for the treatment of tibial fracture

Sun Xiang^{1,2}, Kan Shi-lian², Yuan Tian-xiang²

1 Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China

2 Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China

Abstract

BACKGROUND: Locking compression plate combines with traditional steel plate and bracket principle, which has locking threaded screws on head and mounting bracket lock unit composed with steel locking nail holes, as

孙翔[★], 男, 1981年生, 广东省中山市人, 天津医科大学在读硕士, 医师, 主要从事创伤骨科的研究。

Edgar_x@126.com

通讯作者: 阚世廉, 主任医师, 博士生导师, 天津医院, 天津市 300211
Kanshilian1212@yahoo.com.cn

中图分类号: R318

文献标识码: B

文章编号: 2095-4344

(2013)04-00728-08

收稿日期: 2012-06-13

修回日期: 2013-01-05

(20120613002/LYL·C)

Sun Xiang★, Studying for master's degree, Physician, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China
Edgar_x@126.com

Corresponding author: Kan Shi-lian, Chief physician, Doctoral supervisor, Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China
Kanshilian1212@yahoo.com.cn

Received: 2012-06-13
Accepted: 2013-01-05

well as the internal fixation bracket pressurized unit composed with traditional screws and dynamic compression holes. So the locking compression plate has many advantages in the treatment of fracture fixation.

OBJECTIVE: To analyze the biomechanical characteristics and effect of locking compression plate in the treatment of tibial fracture.

METHODS: Locking compression plate could achieve the fracture fixation depended on the angular stability of steel plate and screws and the pullout strength between crews and bone. When the marrow cavity was small, the top of the screw should be avoided to damage the proximal cortical bone threaded, and then the screws should be changed into the bicortical self-tapping screws at least in order to obtain the pullout strength from the contralateral cortical bone. Screw implantation for the treatment of osteoporosis, due to the reduced working length of unicortical screw fixation, the bicortical self-tapping screws were used in all the fracture fragments to improve the working length of the screws. When the alignment between the long bone axis and steel plate was not in order, implanting the long self-tapping screws or changing the angle to implant the standard screws were preferred. The locking compression plate should select a appropriate length. The length of the locking compression plate depended on the length and the density of the plate and screw. The stress between plate and screw was also affected by the number and the position of the screw.

RESULTS AND CONCLUSION: Locking compression plate fixation can be used for the treatment of backbone or metaphyseal simple fracture, comminuted fracture, intra-articular and periarticular fractures, delayed fracture healing, closed or open osteotomy and the shaft fracture which is not suitable for intramedullary nailing. And for the fixation of osteoporotic fractures and periprosthetic fractures, the locking compression plate has good angular stability and pullout strength. Locking compression plate fixation for the treatment of tibial shaft fractures has achieved satisfactory results, which in line with the biomechanics fixed principles. Surgeons need to be familiar with the fixation techniques of locking compression plate, in order to avoid mistakes-caused failure fixation.

Key Words: bone and joint implants; academic discussion of bone and joint implants; locking compression plate; tibial fracture; biomechanics; internal fixation; plate; screw; anatomic reduction; compressive fixation; anatomical plate; comminuted fractures; pull-out force; bending stress; angular stability; anti-fatigue test; infection; delayed fracture healing

Sun X, Kan SL, Yuan TX. Mechanical analysis of locking compression plate fixation for the treatment of tibial fracture. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2013;17(4): 728-735.

0 引言

锁定加压钢板(locking compression plate, LCP)是在动力加压钢板和有限接触动力加压钢板的基础上研发出来的新型内固定钢板系统, 并且结合了点接触钢板和微创固定系统的临床特点, 于2000年被应用于临床, 得到相对满意的治疗效果^[1-2]。锁定加压钢板是依靠钢板与螺钉的成角稳定性和螺钉与骨之间的把持力来实现骨折内固定的^[3]。锁定加压钢板的设计特点是动力加压孔和螺纹孔的结合, 使螺钉实现轴向加压, 拉力螺钉对移位骨折进行加压固定, 同时锁定螺钉锁扣, 转移螺钉与钢板间的力矩, 纵向应力传递到骨折端。锁定加压钢板下部的切割槽可以减少与骨面的接触, 防止对血运的破坏。锁定加压钢板与传统钢板在设计理念上有所不同, 因此有各自的优缺点^[4-7]。

锁定加压钢板可以起到加压钢板或桥接钢板的作用, 也可以将两者的作用相结合。加压钢板作用适用于关节内骨折、简单的骨干骨折。桥接钢板作用适用于多折块的髌骨和干部骨折。加压和桥接钢板作用相结合适用于涉及到关节的干骺端多折块骨折以及具有不同类型的多节段骨折^[8-10]。

1 锁定加压钢板治疗骨折的力学原理

由于锁定加压钢板的特殊设计, 可以作为标准钢板使用标准螺钉, 也可以作为内固定支架使用锁定螺钉, 也可以同时应用联合固定。内固定支架的力学原理基本上等同于外固定支架的力学原理。锁定加压钢板按照不同力学原理作为不同的内固定器械使用, 其生物力学原理, 见表1。

表1 锁定加压钢板的生物力学原理^[11]

设计理念	技术	螺钉类型	骨折类型	骨骼质量
加压钢板设计	加压原则	标准的偏心和中立位螺钉, 标准的偏心、锁定螺钉	主骨折块间全部或部分接触	正常
	张力带	单独应用标准螺钉; 单独应用锁定螺钉; 联合应用标准和锁定螺钉	主骨折块间全部或部分接触	正常
桥接钢板设计	牵开器, 骨折床	标准中立位螺钉	主骨折块间无接触	正常
	牵开器, 骨折床	锁定螺钉	主骨折块间无接触	较差或正常
加压和桥接钢板设计	加压原则和桥接原则	标准偏心螺钉和锁定螺钉	多段骨折	较差或正常
	在骨干或干骺端应用拉力螺钉+钢板	标准螺钉和锁定螺钉	简单斜行骨折	较差或正常
	在关节面骨折应用拉力螺钉+钢板	标准螺钉和锁定螺钉	关节面骨折	较差或正常
混合使用各种螺钉设计	利用钢板复位	锁定螺钉和标准螺钉	骨干或干骺端骨折	较差或正常
	钢板和骨干对位不良	锁定螺钉和标准螺钉	骨干或干骺端骨折	较差或正常

加压钢板的设计是运用了加压固定装置, 通过张力带或钢板打入偏心螺钉获得动力加压均可以完成加压的作用。这种力学理念的适应证为软组织损伤小的长骨干骺端或者是骨干的简单横行骨折或斜行骨折。

桥接钢板设计技术包括内固定钢板和损伤骨折部位之间的连接。桥接钢板的稳定性取决于钢板的强度和钢板与骨之间的结合力。可以使用各种不同类型的螺钉来固定干骺端或骨干部位的粉碎性骨折。使用锁定螺钉的优势在于仅穿过单层皮质骨, 可以减短螺钉的长度, 以及使用自钻螺钉, 不需要测量螺钉的长度。

锁定加压钢板的内固定依赖于成角稳定的钢板和螺钉界面, 锁定加压钢板的内固定适用于4种原则, 即加压原则、中和原则、桥接原则和结合原则, 以及骨质疏松和关节周围粉碎性骨折, 对于简单骨干部骨折, 复位不良的骨折及关节内移位明显的骨折并不适用。

骨骼质量正常时, 标准的螺钉和锁定的螺钉均可使用。在骨质疏松患者中, 推荐使用双皮质骨拉力螺钉。

在钢板类型的选择方面, 锁定加压钢板的横截面和力学特性与钛合金有限接触动力加压钢板一致。因

此, 对于特定的骨折块和骨折类型, 可以使用同类型的钢板。

不同长度和不同类型锁定加压钢板的临床应用, 见表2。

表2 不同长度和不同类型锁定加压钢板的临床应用^[12]

钢板长度	钢板类型	临床应用
4.5/5.0 加压钢板	大型	股骨和肱骨的干骺端和骨干骨折; 胫骨骨不连
	小型	胫骨的干骺端和骨干骨折; 个头矮小女性的肱骨干骺端和骨干骨折; 骨盆后环的骨折块(经前后入路均可)
	干骺端型	有短的远端骨折块的胫骨远端干骺端或骨干骨折, 胫骨平台骨折; 肱骨远端干骺端或骨干骨折
	重建型	耻骨联合骨折
3.5 锁定加压钢板	T 型或 L 型	胫骨近端骨骺端骨折; 股骨远端单髌骨骨折
	标准型	前臂骨干和干骺端骨折; 肱骨远端或近端骨骺端骨折; 骨盆后环骨折块(经前后入路均可)
	骨干型	肱骨远端、桡骨远端、尺骨鹰嘴骨骺端骨折
	重建型	肱骨远端骨骺端骨折; 耻骨联合, 髌臼骨折

2 锁定加压钢板置入内固定治疗长骨骨折的生物力学特点

锁定加压钢板有4种不同的螺钉, 分别是标准松质骨螺钉、标准皮质骨螺钉、自钻螺钉和自攻螺钉^[13]。在需要调整螺钉角度, 以避免进入关节腔或者使用偏心螺钉使骨折端获得加压时, 应使用标准螺钉。对骨骼质量优异的长骨干骨折块应使用自钻螺钉。自钻螺钉和自攻螺钉的模式图, 见图1和2。



图1 自钻螺钉模式图



图2 自攻螺钉模式图

自攻螺钉可应用于骨骺端、干骺端和骨干骨折。由于没有切割头, 自攻螺钉穿出对侧骨皮质的长度要短于自钻螺钉。为了在双侧骨皮质获得良好的螺钉把持力, 即使是自攻螺钉也应该轻度穿过对侧骨皮质。

2.1 单皮质骨自攻螺钉的危险 对于骨骼质量优良的长骨干骨折使用自钻螺钉作为单皮质骨螺钉。当骨髓腔细小时应避免螺钉尖端损伤近端皮质的骨螺纹, 因其很容易穿入对侧骨皮质。当打入单皮质自攻螺钉, 螺钉帽锁定于钢板上时, 如果螺钉尖端接触骨皮质, 即使是最短的螺钉也会毁坏骨螺纹。如果发生类似情况, 应更换为双皮质自攻螺钉至少在对侧骨皮质获得把持力^[14]。单皮质骨自攻螺钉的危险模式图, 见图3。

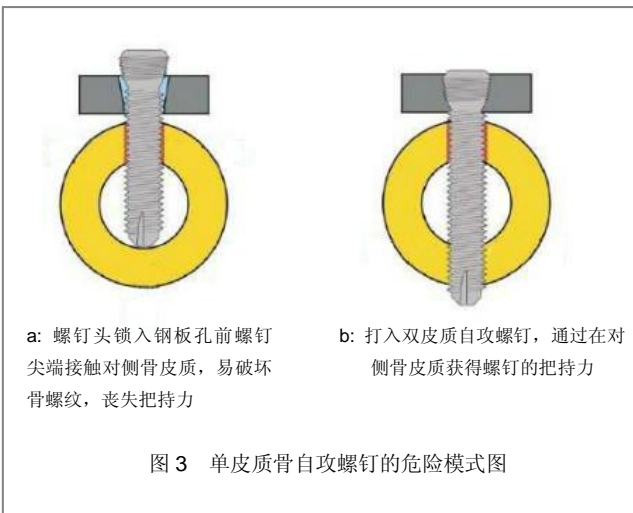


图3 单皮质骨自攻螺钉的危险模式图

2.2 锁定加压钢板的螺钉工作长度 治疗骨质疏松时, 骨皮质通常很薄, 打入单皮质骨螺钉产生的工作长度减少, 即使是锁定螺钉所提供的把持力也是不够的^[15]。可能导致螺钉把持力的完全丧失从而引起内固定的不稳。对于所有合并骨质疏松的骨折, 推荐在骨折块间使用双皮质自攻螺钉以提高螺钉工作长度, 避免骨与螺钉界面的潜在问题, 正常骨骼质量

和骨质疏松植入螺钉的工作长度比较模式图, 见图4。

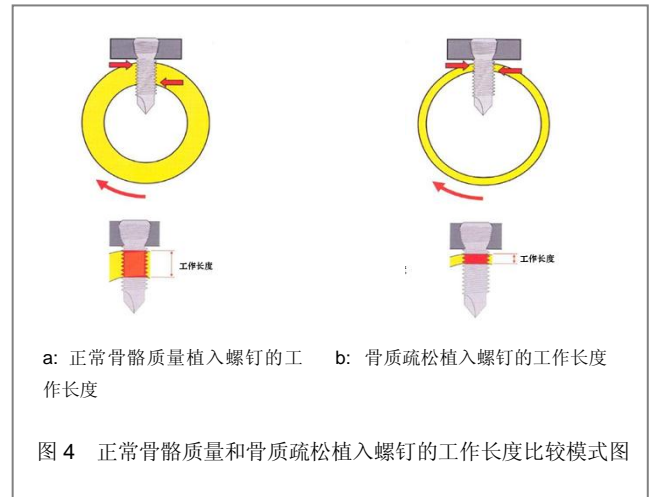


图4 正常骨骼质量和骨质疏松植入螺钉的工作长度比较模式图

螺钉的工作长度由骨皮质的厚度决定, 对于骨质疏松的骨皮质, 单皮质螺钉工作长度减少, 因此即使是锁定螺钉所提供的把持力也是不够的, 可能导致螺钉把持力的完全丧失, 从而引起内固定失效, 在主要承受扭转应力的部分尤其危险。推荐在所有骨折块均使用双皮质骨自攻螺钉, 以提高螺钉的工作长度。避免骨-螺纹界面潜在问题, 骨质疏松使用的双皮质骨自攻螺钉模式图, 见图5。

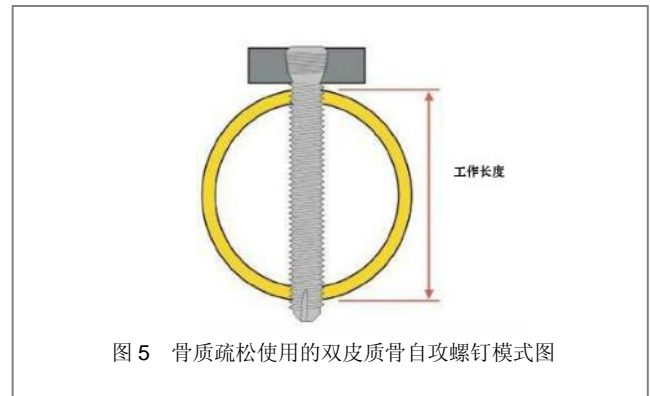


图5 骨质疏松使用的双皮质骨自攻螺钉模式图

2.3 锁定加压钢板与骨骼长轴对线不良 由于螺钉头已经进入圆锥形螺纹钢板孔, 在螺钉打入和拧紧时会失去对骨骼质量的感觉。当长骨轴线与钢板对线不良时, 钢板远端末节经皮向骨干打入短的单皮质骨螺钉常发生危险^[16], 与骨骼长轴对线不良, 见图6。

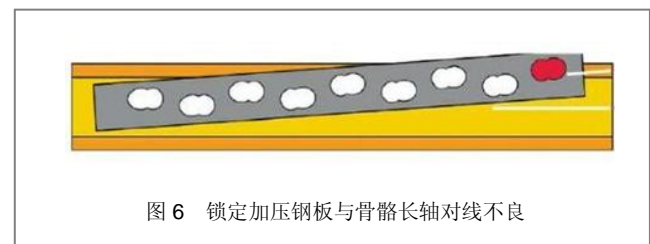


图6 锁定加压钢板与骨骼长轴对线不良

解决对线不良的方法, 要么打入长自攻螺钉, 要

么改变角度打标准螺钉。使带钻头的中置螺钉和打入单皮质自钻螺钉前感觉到骨皮质。对线不良解决方法, 见图7。

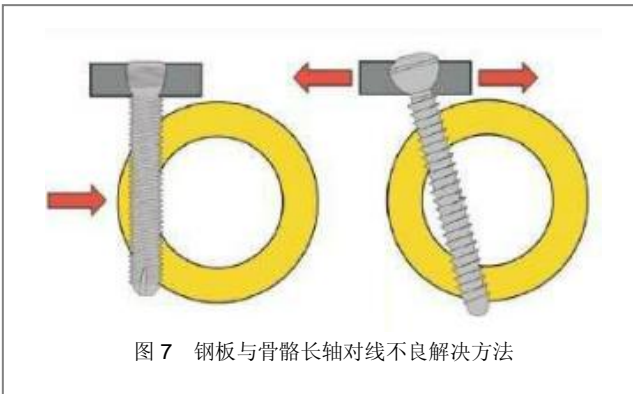


图7 钢板与骨骼长轴对线不良解决方法

解决钢板偏心放置时单皮质自钻螺钉把持力不足的问题, 可以使用长的双皮质骨自攻螺钉, 也可以在钢板孔内改变角度打入标准螺钉。

2.4 锁定加压钢板长度对内固定稳定的影响 理想的内固定置入物长度取决于2个因素: 钢板跨越比和钢板螺钉密度^[17]。钢板跨越比是钢板长度与骨折长度的比值, 粉碎性骨折中应大于2-3, 对于简单骨折应大于8-9。选择短钢板以避免切割过多的皮肤和软组织。由于没有或很少的额外生物学损伤, 可以只根据骨折稳定所需的力学要求来选择钢板长度。从力学方面考虑, 应尽可能的降低钢板和螺钉的负荷以避免其因循环负荷导致疲劳骨折。锁定加压钢板分为3个部分, 最紧靠骨折端的2颗螺钉的中间部分, 获得植入物把持力的近端部分和远端部分。钢板的长度和螺钉的位置影响钢板和螺钉本身所受的应力。跨越骨折的中间部分的局部力学环境决定骨折生物学反应。

2.5 锁定加压钢板螺钉的数量和位置 如果将锁定加压钢板作为锁定内固定支架, 用于桥接或微创钢板内固定技术, 在骨折区两侧各使用两三枚螺钉, 尤其是加压负重的胫骨。近骨折区第1个螺钉的位置及额外的螺钉取决于骨折间隙的大小, 简单骨折或骨折块之间的间隙小于2 mm, 一两个骨折区的螺孔不应打螺钉, 以便保留骨折的微动。对于粉碎性骨折, 骨折区两边各3枚螺钉, 并且中间的2枚螺钉应尽可能靠近骨折区。对于强抗扭力的骨折, 每个主要骨折块应打入三四枚螺钉固定。粉碎性骨折应尽可能将螺钉靠近骨折区。当骨痂形成的时候, 钢板随着压力迅速降低, 并且不依赖于螺钉的位置。骨折区两边各3枚螺钉,

提供了足够的稳定性, 并且减少置入物失败风险。为了提供足够的稳定性, 最远端的2枚螺钉必须打入。在桥接钢板边上打入更多的螺钉能够提高抗扭强度, 来降低骨痂被破坏危险, 螺钉数量越多, 可以使钢板的锚合力增加, 对于骨质疏松的患者更有效^[18]。

2.6 锁定加压钢板内固定的临床适应证 锁定加压钢板既可以作为传统的加压钢板, 又可作为内固定的支架使用, 也可将两者结合起来。

锁定加压钢板内固定的临床适应证^[19]:

骨干或干骺端的简单骨折:

如软组织损伤较轻, 且骨质良好, 长骨骨干的简单横形骨折或短斜形骨折需要切开和精确的复位, 骨折端需要有力的加压, 锁定加压钢板可以作为加压钢板或中和钢板。

骨干或干骺端的粉碎性骨折:

锁定加压钢板可以作为桥式钢板, 采用间接复位和桥式接骨技术, 不需要解剖复位, 只要恢复肢体的长度、旋转和轴向力线即可, 尺骨和桡骨骨折除外。

关节内及关节周围骨折:

特别是关节粉碎性骨折影响到骨干的患者。关节部分需解剖复位和骨折块之间加压, 锁定加压钢板将重建后的关节与骨干之间桥接固定起来, 钢板不必术中塑形, 减少了手术时间。

骨折延迟愈合或不愈合。

闭合或开放截骨术。

不适合髓内钉固定的骨干骨折:

锁定加压钢板是较理想的置入物。比如累及儿童或青少年骨骺损伤的骨折、髓腔过窄或过宽、髓腔畸形等。

骨质疏松的患者:

由于骨皮质较薄, 传统钢板难以获得可靠的稳定性, 术后内固定容易出现松动、退出。锁定加压钢板的锁定螺钉与钢板的锚定形成角稳定性, 钢板和螺钉成为一体, 且锁定螺钉的钉芯直径较粗, 增加与骨的把持力, 从而有效减少螺钉松动的发生率。术后允许肢体早期功能锻炼。

假体周围骨折:

假体周围骨折常伴有骨质疏松、高龄、严重的全身疾病。传统钢板需要广泛切开, 对骨折的血运有潜在的破坏, 而且螺钉损坏骨水泥, 对骨质疏松的骨质把持力差。锁定加压钢板可以很好的解决这些问题, 利用微创钢板内固定技术减少经关节的操作, 减少对血运的破坏, 单皮质锁定螺钉即可提供足够的稳定。

3 锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折力学特点的文獻分析

3.1 资料来源 检索数据库有关锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折力学特点研究的文献^[20], 检索时间范围在2006至2012年, 检索词为“锁定加压钢板; 内固定; 胫骨骨折; 力学分析”, 检索到相关文献152篇, 结果分析相关文献16篇^[21-36]。

3.2 纳入标准 ①与锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折研究相关的文献。②与经皮微创锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折研究相关的文献。

3.3 排除标准 ①重复研究、普通综述或Meta分析类文献。②将锁定加压钢板内固定作为锁定内固定处理简单骨折。③间接复位锁定固定处理移位的关节内骨折。④用传统钢板即可获得满意固定。

3.4 分析指标 ①锁定加压钢板置入内固定治疗患者的骨折类型。②锁定加压钢板置入内固定愈合时间。③锁定加压钢板置入内固定后功能评分优良率。④锁定加压钢板置入内固定后并发症。

3.5 锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折力学特点方面的文献分析 相关文献分析, 见表3。

表3 锁定加压钢板置入内固定在治疗胫骨骨折力学特点方面的文献分析

第一作者	n	骨折类型	愈合时间	功能评分优良率(%)	并发症
张佳榕 ^[21]	40	合并胫腓骨骨折 4 例	(23.0±3.6) d	95.2	4 例发生钢板和螺钉松动
杨剑 ^[22]	66	AO 分型, A 型 32 例, B 型 25 例, C 型 9 例, 合并胫腓骨骨折 26 例, 开放性骨折 9 例	2.5-8.0 个月	93.9	出现 2 例并发症
常国荣 ^[23]	80	Ruedi-Allgower 分型, I 型损伤 23 例, II 型损伤 39 例, III 型损伤 18 例, 开放性骨折 22 例, Gustilo 分型 I 型 10 例, II 型 12 例	-	97.5	-
王坤 ^[24]	104	AO 分型, A 型 62 例, B 型 24 例, C 型 18 例	-	84.6	骨折不愈合 5 例, 行 2 次自体髂骨植骨后骨愈合; 创缘皮肤发红渗出 14 例, 经抗生素治疗恢复; 皮肤坏死 5 例, 经自体植皮后愈合
刘春阳 ^[25]	23	AO 分型, A 型 3 例, B 型 13 例, C 型 7 例, 其中有 9 例患者合并有腓骨上端骨折, 14 例合并有腓骨远端骨折。开放性骨折 9 例, 闭合性骨折 14 例	14.6 周	100	5 例患者胫前因直接暴力导致挫伤坏死的皮肤结痂后创面于术后 3 周后痂下愈合
黄绍初 ^[26]	56	AO 分型, A 型 31 例, B 型 19 例, C 型 6 例。合并胫腓骨骨折 23 例, 开放性骨折 8 例	2-9 个月	94.6	2 例患者出现术后浅表感染, 经换药处理后治愈
张伟 ^[27]	25	-	36.0±0.6 周	92.0	2 例出现内固定物松动或折断, 2 例骨折不愈合, 1 例感染, 1 例骨折畸形愈合
吴术红 ^[28]	31	AO 分型, A1 型 4 例, A2 型 5 例, A3 型 15 例, B2 型 1 例, C1 型 6 例, 其中合并腓骨骨折 19 例	2.3-6.9 个月, 平均 2.9 个月	90.3	1 例感染, 给予抗生素及加强换药后感染控制。4 例患者发生内固定物刺激, 于骨折骨性愈合后取出
农增波 ^[29]	45	均为新鲜单侧闭合性骨折, 其中粉碎性骨折 20 例, 螺旋形骨折 18 例, 横断骨折 7 例	4-6 个月	100	骨折愈合率高, 无并发症
陆铁 ^[30]	18	胫骨近端骨折 7 例, 胫骨干骨折 6 例, 胫骨远端骨折 5 例	6 周	100	无感染、骨不连及钢板外露、松动等并发症
李建明 ^[31]	67	AO 分型, A 型 33 例, B 型 24 例, C 型 10 例	18 周	100	无切口延迟愈合或感染等并发症
夏卫民 ^[32]	22	AO 分型, A 型 14 例, B 型 8 例	-	86.3	无骨折延迟愈合, 无钢板螺钉松动和断裂
付常国 ^[33]	24	AO 分型, A 型 13 例, B 型 7 例, C 型 4 例, 合并同侧腓骨骨折 10 例, 开放性骨折 9 例	-	91.7	2 例术后切口部分脂肪液化, 经换药后愈合。1 例切口皮缘坏死, 经切除坏死组织, 局部换药, 二期缝合后痊愈
石金海 ^[34]	24	胫骨干粉碎性骨折 7 例, 胫骨平台骨折 5 例, 胫骨远端骨折 12 例。闭合性骨折 17 例, 开放性骨折 7 例	10-16 周	86.5	1 例钢板断裂, 再次手术骨折愈合
查国春 ^[35]	13	AO 分型, A 型 4 例, B 型 7 例, C 型 2 例	12-20 周	100	无骨折延迟愈合、感染及内固定失败, 无旋转、短缩畸形、内固定松动及锁定钢板折弯或断裂、螺钉拔起等并发症
林梓凌 ^[36]	25	25 例锁定加压钢板治疗, 25 例有限接触动力加压钢板治疗。所有患者 AO 分型, A 型 18 例, B 型 20 例, C 型 12 例, 双侧骨折 2 例, 合并胫腓骨骨折 34 例, 开放性骨折 14 例	11.3±2.8 周	-	1 例因软组织缺损需要皮瓣修复, 1 例因皮缘坏死, II 期愈合

此外, 锁定加压钢板置入内固定治疗胫骨骨折的临床应用中, 应注意能导致钢板内固定失败的因素。

①选用钢板过短: 锁定加压钢板长度对骨折内固定起到很重要的作用, 如果钢板长度较短会降低钢板轴向强度和扭转强度。在简单骨折内固定时钢板长度与骨折区长度的比值要高8-10倍, 在粉碎性骨折内固定时钢板长度与骨折区长度比值要高两三倍。

②钢板与骨面间隙过大^[37]: 研究发现与骨面间隙大于5 mm时, 锁定加压钢板轴向和扭转强度有所下降, 小于2 mm时下降不明显, 因此, 锁定加压钢板与骨面间隙建议不超过2 mm。

③钢板与骨骼长轴对线不良: 经皮微创内固定时, 锁定加压钢板的位置不容易控制, 可能会发现对线不良, 建议适当取小切口, 术中手指触摸, 将钢板引导到满意位置, 克氏针辅助固定, 并行X射线检查。

④选用不合适的螺钉类型: 对于髓腔较窄的骨干骨折, 打入螺钉时很容易触及对侧的皮质骨, 这样会影响螺钉和骨的把持力, 应改用双皮质自攻螺钉。对于骨质疏松的患者, 由于皮质较薄, 螺钉的工作长度有所减少, 易引起螺钉松动移位, 建议改用双皮质螺钉来增加螺钉的工作长度, 获得增强的骨把持力。

⑤螺钉分布不均匀: 锁定加压钢板的螺钉如果分布过多, 会造成局部的应力集中, 容易出现内固定失败。如果螺钉的分布过少, 会使内固定的强度不够, 也会造成内固定失败。因此, 建议骨折两端的螺钉密度在40%-50%。锁定加压钢板要相对较长, 并且在骨折处空出2-3个孔, 使钢板具有更高的弹性, 避免应力集中, 增加内固定的力学平衡。

⑥螺钉与钢板角度不正确: 由于对锁定加压钢板的操作不熟练以及未达到功能复位要求而放置钢板很容易发生成角畸形, 建议在术前制定详细的手术计划, 用牵引、解剖复位以及克氏针临时固定的方法, 在X射线下得到满意位置后安放钢板和螺钉。螺钉与锁定加压钢板之间的角度并不完全垂直的, 存在大约5°角的目的是减少螺钉的应力, 如果螺钉与钢板的角度不正确, 可能破坏内固定的强度^[38]。如果拧入的螺钉与锁定加压钢板的角度过大, 会造成螺钉的把持力明显下降^[39]。

⑦患肢负重过早: 锁定加压钢板在骨折内固定时是相对稳定固定, 但需要有骨痂形成来实现愈合。锁定加压钢板置入后, 鼓励患肢早期活动, 但不易过早负重训练, 应在手术6周以后逐渐进行负重练习, 并且在X射线片上有明显的骨痂形成。如果患者过早和过度负重, 会造成锁定加压钢板或螺钉的断裂和拔出。

⑧肌腱、神经血管等损伤: 经皮微创内固定技术在置入的

过程中, 由于不能直视皮下组织结构, 需要经皮插入在肌肉组织下, 使肌腱和血管神经损伤的可能性明显增加。因此, 要求术者了解并熟悉骨折周围的解剖结构, 保护术区肌腱和神经血管组织, 要充分进行钝性分离, 避免造成神经牵拉和损伤^[40-41]。

⑨手术切口感染: 由于锁定加压钢板的宽度和厚度较大, 在处理软组织较薄的骨折部位时, 易造成软组织损伤, 导致伤口感染^[4]。因此, 应把握好手术治疗时机和手术技巧, 遵循骨折治疗原则, 重视无菌操作, 仍可能发生感染。

⑩钢板外露: 锁定加压钢板如复位不良, 会引起钢板的放置不适宜, 顶于皮下组织, 如骨折区软组织条件较差或切口选择不当, 可引起钢板的外露^[42]。

❶软组织激惹症: 软组织激惹是钢板置入内固定后皮下可触及钢板以及钢板周围的疼痛, 可能与钢板的体积过大或放置的位置不当有关, 在胫骨远端骨折时, 内踝位置的软组织较薄, 易压迫皮肤软组织出现不适^[43]。现在应用的新型钢板干骺远端较薄, 与骨面较贴敷, 边缘也较光滑, 可以有效解决软组织激惹症的问题。

❷锁定螺钉不易取出: 锁定加压钢板由高强度的钛金属制成, 在愈合过程中容易被骨痂所包裹, 在螺钉取出时需要剔除骨痂, 增加了螺钉取出的难度, 另外, 由于弃用螺钉瞄准器不但使螺钉和钢板成角不正确, 还会使螺钉过度旋紧, 使锁定螺钉不易取出, 超过限度的扭矩或锁定螺钉与锁定孔之间的成角大于5°, 则会造成螺纹破坏, 以致冷焊接^[44]。应使用螺钉瞄准器, 使螺纹能与钢板准确锁定, 也可以使用特别的扳手, 控制力的大小^[45]。

作者贡献: 孙翔进行实验设计、实施及评估, 资料收集、成文, 对实验进行审校并对文章负责。

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: 实验获得所在单位的伦理委员会批注, 符合伦理学标准。

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争执, 内容真实, 文责自负。

4 参考文献

- [1] Chakravarthy J, Bansal R, Cooper J. Locking plate osteosynthesis for Vancouver Type B1 and Type C periprosthetic fractures of femur: a report on 12 patients. *Injury*.2007;38(6):725-733.

- [2] Leung F, Chow SP. Locking compression plate in the treatment of forearm fractures: a prospective study. *J Orthop Surg(Hong Kong)*.2006;14(3):291-294.
- [3] Miller DL, Goswami T. A review of locking compression plate biomechanics and their advantages as internal fixators in fracture healing. *Clin Biomech(Bristol,Avon)*.2007;22(10):1049-1062.
- [4] Phisitkul P, McKinley To, Nepola JV, et al. Complications of locking plate fixation in complex proximal tibia injuries. *J Orthop Trauma*.2007;21(2):83-91.
- [5] Arora R, Lutz M, Hennerbichler A, et al. Complications following in-ternal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking plate. *J Orthop Trauma*.2007;21(5):316-322.
- [6] Chung KC, Watt AJ, Kotsis SV. Treatment of unstable distal radial fractures with the volar locking plate system. *J Bone Joint Surg(Am)*.2006;88(12):2687-2694.
- [7] Rose PS, Adams CR, Torchia ME, et al. Locking plate fixation for proximal humeral fractures: initial results with a new implant. *J Shoulder Elbow Surg*. 2007;16(2):202-207.
- [8] Gautier E, Sommer C. Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury*.2003;34(2Suppl):63-76.
- [9] Sommer C, Babst R, Müller M, et al. Locking compression plate loosening and plate breakage: a report of four cases. *J Orthop Trauma*.2004;18(8):571-577.
- [10] Kregor PJ, Stanard JA, Zlowodzki M, et al. Treatment of distal femur fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 103 fractures. *J Orthop Trauma*.2004;18(8):509-520.
- [11] 丁香园. 锁定加压钢板临床应用指南(一)[DB/OL].2012-12-15. <http://orthop.dxy.cn/article/10527>
- [12] 曹清, 马宝通. 锁定加压钢板的临床应用[J]. *中国矫形外科杂志*, 2008, 16(12):930-931.
- [13] 周凤彬, 潘梁. 锁定加压钢板在多发性骨折中的应用[J]. *中外医疗*, 2011, 30(13):44, 46.
- [14] 刘晓辉, 张国川. 锁定加压钢板生物力学原理及置入后的失败分析[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15(4):717-720.
- [15] 邓仁椿, 洪澜, 崔华明, 等. 经皮微创锁定加压钢板内固定治疗胫骨远端骨折[J]. *中国矫形外科杂志*, 2010, 18(8):682-684.
- [16] 张飞, 武宇赤, 李哲海, 等. 锁定加压钢板内固定失败原因分析[J]. *实用骨科杂志*, 2012, 18(2):177-180.
- [17] 丁华文, 尹生云. 锁定加压钢板治疗胫骨骨折的临床观察[J]. *求医问药*, 2012, 10(2):557-558.
- [18] 丁香园. 锁定加压钢板临床应用指南(二)[DB/OL].2012-12-15. http://orthop.dxy.cn/article/10528_2
- [19] 龙雨. 锁定加压钢板的临床应用[J]. *右江民族医学院学报*, 2010, 25(2):243-244.
- [20] 中国知网. 国学术期刊总库[DB/OL].2012-08-10. <https://www.cnki.net>
- [21] 张佳榕. 锁定加压钢板在治疗四肢骨折中的临床价值研究[J]. *临床医学工程*, 2012, 19(9):1532-1533.
- [22] 杨剑. 锁定加压钢板治疗胫骨骨折66例临床观察[J]. *亚太传统医药*, 2012, 8(9):134-135.
- [23] 常国荣. 锁定加压钢板治疗80例胫骨骨折的疗效观察[J]. *经验体会*, 2012, 10(19):118.
- [24] 王坤, 刘德昌. 微创经皮和有限切开复位锁定加压钢板治疗胫骨骨折的疗效比较[J]. *中国临床医学*, 2012, 19(3):270-271.
- [25] 刘春阳. 经皮微创锁定加压钢板治疗胫骨远端骨折[J]. *医药论坛杂志*, 2011, 32(19):136-137.
- [26] 黄绍初, 李雄, 曹粉红. 锁定加压钢板治疗胫骨骨折的临床分析[J]. *临床医学工程*, 2011, 18(9):1396-1397.
- [27] 张伟, 王伟, 林忠勤, 等. 解剖型胫骨髓内钉与锁定加压钢板内固定治疗胫骨骨折不愈合的疗效比较[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2011, 26(7):633-634.
- [28] 吴术红, 刘毅. 经皮微创锁定加压钢板内固定治疗胫骨远端骨折[J]. *医学理论与实验*, 2011, 24(12):1429-1431.
- [29] 农增波, 赵利敏, 赵茂盛, 等. 经皮微创锁定加压钢板治疗胫骨骨折45例分析[J]. *中国误诊学杂志*, 2011, 11(9):2212.
- [30] 陆铁, 周君琳, 刘清和, 等. 锁定加压钢板微创经皮内固定治疗胫骨骨折[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2011, 26(2):161-162.
- [31] 李建明, 付新民, 韩丽. 有限切开复位锁定加压钢板治疗胫骨骨折67例分析[J]. *中国误诊学杂志*, 2011, 11(4):938.
- [32] 夏卫民, 阮腊林, 黄林. 有限切开结合锁定加压钢板固定治疗胫骨远端骨折[J]. *内蒙古中医药*, 2009, 28(24):72-73.
- [33] 付常国, 刘国华, 宋自昌. 锁定加压钢板治疗胫骨远端骨折[J]. *实用骨科杂志*, 2009, 15(4):298-300.
- [34] 石金海, 刘家瑞, 蔡新良, 等. 锁定加压钢板内固定治疗胫骨骨折的疗效[J]. *实用临床医学*, 2008, 9(12):52-54.
- [35] 查国春, 陈泽林, 齐小波. 经皮微创锁定加压钢板内固定治疗胫骨骨折[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2008, 22(12):1448-1450.
- [36] 林梓凌, 黄枫, 郑晓辉, 等. 锁定加压钢板在胫骨干骨折治疗中的应用研究和探讨[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2006, 14(5):1-3.
- [37] Ahmad M, Nanda R, Bajwa AS, et al. Biomechanical testing of the locking compression plate: when does the distance between bone and implant significantly reduce construct stability? *Injury*. 2007; 38(3):358-364.
- [38] Sommer C, Gautier E, Müller M, et al. First clinical results of the Locking Compression Plate (LCP). *Injury*. 2003;34 Suppl 2: B43-54.
- [39] Kääh MJ, Frenk A, Schmeling A, et al. Locked internal fixator: sensitivity of screw/plate stability to the correct insertion angle of the screw. *J Orthop Trauma*. 2004;18(8):483-487.
- [40] 彭朝华, 杨彬, 邹秋富, 等. 微创锁定加压钢板固定术中失误及术后早期并发症分析[J]. *四川医学*, 2012, 33(6):965-967.
- [41] 张富军, 杨昊, 李靖, 等. 微创经皮钢板固定技术前置锁定加压钢板治疗胫骨中下段骨折[J]. *中国临床研究*, 2011, 24(10):879-881.
- [42] Namazi H, Mozaffarian K. Awful considerations with LCP instrumentation: a new pitfall. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2007; 127(7):573-575.
- [43] Hasenboehler E, Rikli D, Babst R. Locking compression plate with minimally invasive plate osteosynthesis in diaphyseal and distal tibial fracture: a retrospective study of 32 patients. *Injury*. 2007;38(3):365-370.
- [44] Smith WR, Ziran BH, Anglen JO, et al. Locking plates: tips and tricks. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(10):2298-2307.
- [45] Ehlinger M, Adam P, Simon P, et al. Technical difficulties in hardware removal in titanium compression plates with locking screws. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95(5):373-376.