

- ranelate; stimulation of osteoblast differentiation and inhibition of osteoclast formation and resorption in vitro[J]. Bone, 2008, 42(1): 129-138.
- [8] Caverzasio J. Strontium ranelate promotes osteoblastic cell replication through at least two different mechanisms[J]. Bone, 2008, 42(6): 1131-1136.
- [9] Namazi H. Efficacy and safety of oral strontium ranelate for the treatment of knee osteoarthritis: rationale and design of randomised, double-blind, placebo-controlled trial[J]. Curr Med Res Opin, 2012, 28(4): 609-610.
- [10] Cooper C, Reginster JY, Cortet B, et al. Long-term treatment of osteoporosis in postmenopausal women; a review from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO) and the International Osteoporosis Foundation (IOF)[J]. Curr Med Res Opin, 2012, 28(3): 475-491.
- [11] Silverman S, Christiansen C. Individualizing osteoporosis therapy[J]. Osteoporos Int, 2012, 23(3): 797-809.
- [12] Pors Nielsen S. The biological role of strontium[J]. Bone, 2004, 35(3): 583-588.
- [13] Jensen J-EB, Stang H, Kringsholm B. Relationship between trace element content and mechanical bone strength[J]. Bone, 1997, 20(Suppl 4): 104.
- [14] Zhao Y, Zhang Y, Zhao Y, et al. Synthesis and cellular biocompatibility of two nanophase hydroxyapatite with different Ca/P ratio[J]. J Nanoscience Nanotechnology, 2011, 11(12): 11069-11073.
- (收稿日期: 2013-09-20 本文编辑: 王玉蔓)

胫骨平台塌陷性骨折克氏针网状固定的生物力学评价

陈朝祥, 张卫, 贺洪辉, 刘鸣江, 曾德辉

(南华大学附属南华医院关节运动科, 湖南 衡阳 421002)

【摘要】 目的: 评价采用克氏针束网状支撑固定治疗胫骨平台塌陷性骨折的生物力学性能。方法: 在自行设计的骨折模型上, 分别用 8 枚 1.5 mm 克氏针网状固定和 2 枚 3.5 mm 皮质骨螺钉固定, 分别进行面压缩试验和点压缩试验, 对这两种固定方式在最大抗压缩力、固定强度等方面进行生物力学评价。结果: 面压缩试验中, 平均最大抗压缩力, 螺钉固定为 $(1\ 925.31 \pm 444.26)$ N, 克氏针束网状固定为 $(1\ 609.62 \pm 277.72)$ N; 平均最大固定强度, 螺钉固定为 (2.28 ± 0.53) N/mm², 克氏针束网状固定为 (1.90 ± 0.33) N/mm², 两种固定方式生物力学性能接近 ($P > 0.05$); 在点压缩试验组中平均最大抗压缩力, 螺钉固定为 (411.13 ± 233.88) N, 克氏针束网状固定为 $(1\ 105.58 \pm 290.66)$ N; 平均最大固定强度, 螺钉固定为 (2.66 ± 1.52) N/mm², 克氏针束网状固定为 (7.18 ± 1.89) N/mm², 网状固定明显具有生物力学优势 ($P < 0.01$)。结论: 克氏针网状支撑固定胫骨平台骨折, 对骨折施行生物学固定, 固定牢靠。

【关键词】 胫骨平台; 塌陷骨折; 骨折固定术, 内; 生物力学

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2014.05.016

Biomechanical study on a net-fixation of Kirschner wire in treating depressed tibial plateau fractures CHEN Zhao-xiang, ZHANG Wei, HE Hong-hui, LIU Ming-jiang, and ZENG De-hui. Department of Joint Movement, the Affiliated Nanhua Hospital, University of South China, Hengyang 421002, Hunan, China

ABSTRACT Objective: To evaluate the biomechanical properties of tibial plateau depressed fracture fixed with a net-fixation of Kirschner wires. **Methods:** Twenty homemade fracture models were fixed with eight 1.5 mm Kirschner wires in a net-fixation; 20 homemade fracture models were fixed with two 3.5 mm cortical screws. Plane-compressed and dot-compressed test were made on each 10 models of the two groups. The maximal force of anti-ompress and stiffness were measured and evaluated. **Results:** In plane-compressed test, mean maximal force of anti-compress and stiffness for screw fixation was $(1\ 925.31 \pm 444.26)$ N and (2.28 ± 0.53) N/mm², respectively, for net-fixation was $(1\ 609.62 \pm 277.72)$ N and (1.90 ± 0.33) N/mm², respectively. There was no statistical difference between the two fixation methods ($P > 0.05$). In dot-compressed test, mean maximal force of anti-compress and stiffness for screw fixation was (411.13 ± 233.88) N and (2.66 ± 1.52) N/mm², respectively, for net-fixation was $(1\ 105.58 \pm 290.66)$ N and (7.18 ± 1.89) N/mm², respectively, the net-fixation was better than that of the screw fixation ($P < 0.01$). **Conclusion:** Treatment of tibial plateau depressed fracture with a net-fixation of Kirschner wires is a biological fixation and is a reliably method.

通讯作者: 陈朝祥 E-mail: chenzhaoxiang415@163.com

Corresponding author: CHEN Zhao-xiang E-mail: chenzhaoxiang415@163.com

KEYWORDS Tibial plateau; Depressed fracture; Fracture fixation, internal; Biomechanics

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(5): 418-421 www.zggszz.com

近年来,有使用小直径 3.5 mm 皮质骨螺钉对胫骨平台塌陷型骨折施行木筏式固定的趋势,并得到学者们的支持^[1]。经生物力学测试表明用 4 枚 3.5 mm 皮质骨螺钉对胫骨平台塌陷型骨折施行木筏式固定比用 2 枚 6.5 mm 松质骨螺钉固定具有生物力学优势^[2]。若采用克氏针束网状支撑固定胫骨平台塌陷性骨折,增加了力的受力面积,使应力分散,然而它是否具有生物力学优势,本文就克氏针束网状支撑固定与 2 枚 3.5 mm 皮质骨螺钉固定在自行设计的骨折模型上进行了生物力学比较研究。

1 材料与方 法

1.1 试验材料 铁质材料圆形骨折模型制作框架 10 个,内径为 49.3 mm,外径为 57.6 mm,高为 26.0 mm。其中 5 个在圆形框架的一侧靠近上端留有直径 2 mm 的圆孔 8 个,另 5 个留有直径为 4.0 mm 的圆孔 4 个。以猪胫骨制作成了“T”形骨折模型。

1.2 造模与分组 骨折模型正面三骨块在同一平面,背面骨折处则被掏空。再将骨折模型分别用 8 枚 1.5 mm 克氏针网状固定及 2 枚 3.5 mm 皮质骨螺钉固定。螺钉与框架边缘紧密接触,克氏针则与框架边缘保留 10.0 mm 距离(如图 1)。40 个骨折模型,分为两组,试验组 20 个,采用 8 枚 1.5 mm 克氏针束网状固定,对照组 20 个,采用 2 枚 3.5 mm 皮质骨螺钉固定。再将试验组与对照组分别分两组,每组 10 个标本,一组用于面压缩试验,另一组用于点压缩试验。

1.3 试验方法 面压缩试验采用直径为 23.0 mm 的半圆柱体对骨折部位进行全面接触压缩,点压缩试验采用直径为 14.0 mm 的圆柱体对骨折部位进行压缩,压缩点安放在“T”形骨折的汇合处。每个骨折模型采用 SHT 系列微机控制电液伺服万能试验机(0~250 KN)进行测试,以 2 mm/min 的速度对骨折

模型进行压缩,压缩执行国家标准:GB7314-87。压缩(位移)5 mm 定义为骨折固定失败。

1.4 观察项目与方法 收集两组试验位移(mm)及相应的负荷(N)数据测量结果,采用 Excel 2003 版本软件收集。负荷(N)除以压缩面积(mm²)即得到骨折固定的强度(N/mm²)。并分别绘制出面压缩试验和点压缩试验两种固定方法的负荷(N)-位移(mm)曲线图。

1.5 统计学处理 数据采用 SPSS 13.0 统计软件进行处理,绘制成负荷(N)-位移(mm)曲线图,样本分析采用两独立样本 *t* 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

在所有的骨折模型生物力学测试中,压缩(位移)5 mm 系统即自行停止压缩。由计算机读出负荷(N)-位移(mm)数值。固定每个骨折模型的克氏针、螺钉均有弯曲变形,但克氏针弯曲度明显小于螺钉。两组生物力学测试结果见表 1-2。两组面压缩试验测量结果比较,差异无统计学意义。因此,认为两种固定方式在面压缩试验中生物力学性能接近。而两组点压缩试验测量数据比较,差异有统计学意义($P<0.01$)。因此,认为两种固定方式在点压缩试验中固定力量有明显差异,克氏针束网状固定抗点压缩应力比螺钉固定有明显生物力学优势。

两种固定的负荷(N)-位移(mm)曲线图分别见图 2 和图 3。由图 3 可见,螺钉固定组压缩(位移)至 1.72 mm 时,出现负荷最大值,表明骨折固定完全失败。而网状固定,随着压缩(位移)的增加,抗压缩力也不断增加。在面压缩试验中,克氏针束网状固定组骨折模型压缩(位移)5 mm、负荷移除后,骨折移位有一定程度的自动回复,而螺钉固定组负荷移除后,骨折部分依然保持 5 mm 移位,没有丝毫自动回复。



图 1 “T”形骨折模型制作 1a. 正面 1b. 反面

Fig.1 Homemade fracture models 1a. Frontal 1b. Reversed

表 1 “T”形骨折模型面压缩试验最大抗压缩力与强度测量结果($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Maximal force of anti-compress and stiffness of type T fracture model in plane-compressed test($\bar{x}\pm s$)

组别	标本数	最大抗压缩力(N)	强度(N/mm ²)
克氏针网状固定	10	1 609.62±277.70(1046.4~2011.5)	1.90±0.33(1.24~2.38)
螺钉固定	10	1 925.31±444.26(1195.2~2803.5)	2.28±0.53(1.41~3.32)
t 值	-	1.905	0.754
P 值	-	0.073	0.466

表 2 “T”形骨折模型点压缩试验最大抗压缩力与强度测量结果($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Maximal force of anti-compress and stiffness of type T fracture model in dot-compressed test($\bar{x}\pm s$)

组别	标本数	最大抗压缩力(N)	强度(N/mm ²)
克氏针网状固定	10	1 105.58±290.66(735.6~1425.6)	7.18±1.89(4.78~9.27)
螺钉固定	10	411.13±233.88(157.2~851.4)	2.66±1.52(1.02~5.53)
t 值	-	5.886	8.716
P 值	-	0.000	0.000

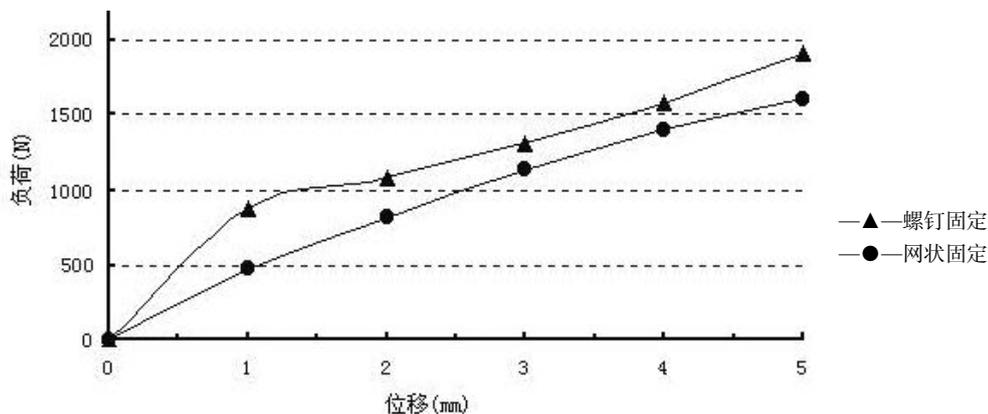


图 2 “T”形骨折模型面压缩试验负荷-位移曲线图

Fig.2 The load-displacement curves of screw fixation and net-fixation in plane-compressed test

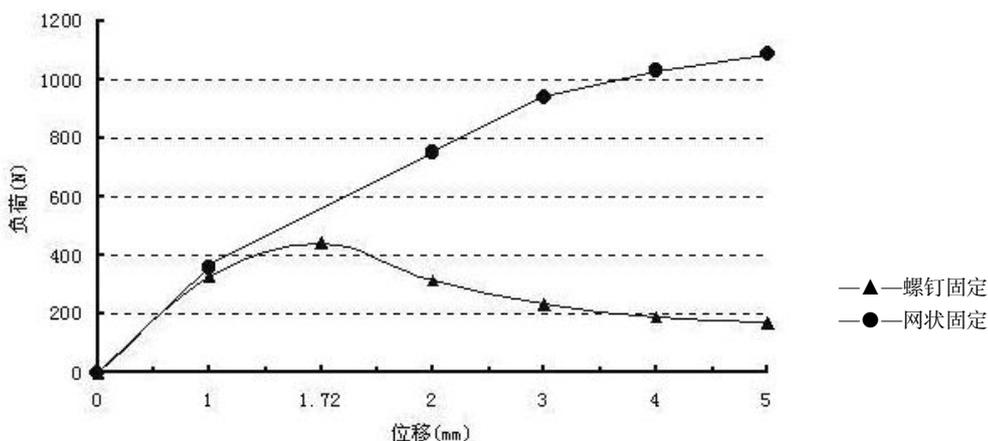


图 3 “T”形骨折模型点压缩试验负荷-位移曲线图

Fig.3 The load-displacement curves of screw fixation and net-fixation in dot-compressed test

在点压缩试验中, 克氏针束网状固定组骨折模型压缩(位移)5 mm、负荷移除后, 骨折移位基本上自动完全弹起复位, 而螺钉固定组, 骨折则完全移位, 甚至有新的骨碎片出现。

3 讨论

Benirschke 等^[3]认为多枚直径小的螺钉固定胫骨平台 Schatzker III 型骨折, 能够增加骨折的固定面积, 而使固定应力分散, 提高固定的效果。Beris 等^[4]

证实软骨下克氏针束固定,当患者不负重时,能防止骨折复位丢失,能够保护关节软骨。Weimann 等^[5]采用 jail 技术,运用 3 枚螺钉对胫骨外侧平台骨折施行“卍”形固定,较用 2 枚螺钉施行平行固定具有明显的生物力学优势。克氏针束网状支撑固定增加了固定的面积,固定后使胫骨平台形成一个整体,因而能使固定应力分散。单根 1.5 mm 克氏针刚度低于 3.5 mm 皮质骨螺钉,但其弹性好,并且多根 1.5 mm 克氏针联合起来,刚度则迅速增加。在面压缩试验中,固定结构受力均匀,压缩力均匀分布在骨折面上,经生物力学测试表明,两种固定方式生物力学性能接近。然而,点压缩试验中,固定结构受力不均匀,压应力集中分布在某一点(骨折区域),经生物力学测试表明,克氏针束网状支撑固定明显优于螺钉固定。这也就证实,在网状固定中,能够使固定应力由点及面向整个固定结构分散,而提高固定效果。网状支撑固定能够对整个骨折面进行支撑固定,而支撑钢板-螺钉固定只对螺钉经过的骨折区域起到支撑固定作用,而螺钉没有经过的区域,则只能靠钢板、螺钉的挤压固定。支撑固定的力量显然高于挤压固定。同时,因为克氏针具有弹性,所以克氏针束网状支撑固定也是对骨折施行弹性固定。这在生物力学测试中也得到证实,即在压应力移除后,骨折移位能有一定程度的自行回复。在人正常行走步态中,膝关节最大的应力负荷为 20 kg/cm²^[6],即最大强度为 1.96 N/mm²。稍低于螺钉固定点压缩试验中的强度,但显然低于网状固定点压缩试验中的强度。这也就是说,对胫骨平台骨折施行网状支撑固定,术后膝关节能早期开始功能锻炼,不会造成骨折复位丢失,但如果采用钢板-螺钉固定,对术后膝关节能早期开始功能锻炼则应持谨慎态度。

临床上一个最佳的骨折固定,应是实现固定器

的每一部分都能以最少的约束使伤骨以几何不变体系固定于固定器。而各个部分组合成一个整体后,要求这个整体的组合是“弹性”的组合,且组合为几何不变体系。这个组合应当是:①固定稳定;②无功能替代;③断端得到的是生理应力。经动物实验初步得出恒定生理应力(愈合应力)区间[0,0.87] kg/mm²及生理应力最优值 0.435 kg/mm²^[7],即 4.238 N/mm²。克氏针网状束固定通过连接杆与胫骨干的 Schatz 针联合成几何不变体系,调节连接杆螺杆,能给骨折面施加恒定的生理应力,对骨折施行弹性固定。克氏针经皮穿入,对软组织损伤小,经生物力学测试表明固定稳定,对生理应力的最优值 4.238 N/mm²,克氏针束网状固定完全能承受。

参考文献

- [1] Yoon YC, Oh JK, Oh CW, et al. Inside out rafting K-wire technique for tibial plateau fractures[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2012, 132(2): 233-237.
- [2] Patil S, Mahon A, Green S, et al. A biomechanical study comparing a raft of 3.5 mm cortical screws with 6.5 mm cancellous screws in depressed tibial plateau fractures[J]. Knee, 2006, 13(3): 231-235.
- [3] Benirschke SK, Swiontkowski MF. Knee. In: Hansen S, Swiontkowski MF, editors. Orthopaedic trauma protocols[M]. New York: Raven Press, 1993: 313-325.
- [4] Beris A, Soucacos P, Glisson R, et al. Load tolerance of tibial plateau depressions reinforced with a cluster of K-wires[J]. Bull Hosp Jt Dis, 1996, 55(1): 12-15.
- [5] Weimann A, Heinkele T, Herbolt M, et al. Minimally invasive reconstruction of lateral tibial plateau fractures using the jail technique: a biomechanical study[J]. 2013, 14(1): 120-125.
- [6] Maquet PGJ. Biomechanics of the knee[J]. New York: Springer Verlag, 1984.
- [7] Shi GS, Gu ZH, Zhang P, et al. The experimental research of stress of fracture surface to bone union[M]. Beijing: International Academic Publishers, 1995: 364-366.

(收稿日期:2013-06-06 本文编辑:王玉曼)

·读者·作者·编者·

《中国骨伤》杂志正式启用稿件远程处理系统通知

《中国骨伤》杂志已于 2010 年 1 月正式启用稿件远程处理系统。通过网站 <http://www.zggszz.com> 可实现不限时在线投稿、审稿、编辑、退修、查询等工作。本刊将不再接受纸质版和电子信箱的投稿。

欢迎广大的作者、读者和编者登录本刊网站,进入稿件处理系统进行网上投稿、审稿和稿件查询等工作。

咨询电话:010-84020925。

《中国骨伤》杂志社