

改进型肱骨逆行旋入钉的生物力学测试及临床应用评估

熊 鹰, 王大兴, 柳百炼, 李群辉, 贾 福, 张仲子

Biomechanical tests and clinical application evaluation of advanced humeral retrograde intramedullary nail

Xiong Ying, Wang Da-xing, Liu Bai-lian, Li Qun-hui, Jia Fu, Zhang Zhong-zi

Department of
Orthopedics, Yan'an
Hospital of Kunming
Medical University,
Kunming 650051,
Yunnan Province,
China

Xiong Ying, Chief
physician, Professor,
Department of
Orthopedics, Yan'an
Hospital of Kunming
Medical University,
Kunming 650051,
Yunnan Province,
China
xiongying789@
126.com

Correspondence to:
Wang Da-xing,
Master, Attending
physician,
Department of
Orthopedics, Yan'an
Hospital of Kunming
Medical University,
Kunming 650051,
Yunnan Province,
China
dhwdx@126.com

Received: 2010-09-25
Accepted: 2010-11-20

昆明医学院附属
延安医院骨科, 云
南省昆明市
650051

熊鹰, 男, 1958
年生, 重庆市人,
汉族, 1982 年昆
明医学院毕业, 主
任医师, 教授, 主
要从事脊柱外科、
关节外科、创伤骨
科方面的研究。
xiongying789@
126.com

通讯作者: 王大
兴, 硕士, 主治医
师, 昆明医学院附
属延安医院骨科,
云南省昆明市
650051
dhwdx@126.
com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225
(2011)13-02322-05

收稿日期: 2010-09-25
修回日期: 2010-11-20
(20100825004/D · A)

Abstract

BACKGROUND: The humeral auto-locked intramedullary nail, designed by Yanan Hospital of Kunming Medical University, exhibits several advantages over previous domestic locked intramedullary nails. However, anterograde screwing-type intramedullary nail and traditional auto-locked intramedullary nail induce rotator cuff injury and dysfunction of shoulder joint. Retrograde intramedullary nail solves these problems.

OBJECTIVE: To improve the retrograde intramedullary nail based on humeral bone dissection to benefit clinical application.

METHODS: According to humeral bone anatomic characteristics, related biomechanical tests were performed using humeral samples from corpse. Retrograde intramedullary nail was used to treat 73 patients with fracture of humerus. The resistance of axial compression, extension, torsion, blending were compared, and clinical effects were observed.

RESULTS AND CONCLUSION: The retrograde intramedullary nail exhibited advantages in resisting axial compression, extension, torsion, and blending compared with previous existed nails ($P < 0.01$). The patients were followed up for 3-48 months, and healed well. No infection, nail breakage, or loosening occurred. Results showed that the advanced retrograde intramedullary nail is reasonable in biomechanical tests, with simple operation, few complications. It should be used widely in clinic.

Xiong Y, Wang DX, Liu BL, Li QH, Jia F, Zhang ZZ. Biomechanical tests and clinical application evaluation of advanced humeral retrograde intramedullary nail. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(13): 2322-2326.
[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 昆明医学院附属延安医院骨科设计的肱骨旋入式自锁髓内钉, 多方面均优于现有国内外设计的带锁髓内钉, 但顺行旋入式髓内钉与传统带锁髓内钉普遍存在肩袖损伤和肩关节功能活动障碍, 而逆行旋入式髓内钉则彻底解决了这一难题。

目的: 根据初期设计的逆行旋入钉存在的问题, 结合肱骨解剖特点和临床实践, 进行改进与完善工作, 力图从根本上解决原逆行旋入钉髓内固定存在的若干问题, 以利于进一步临床应用与推广。

方法: 根据肱骨的解剖学特点, 利用肱骨尸体标本进行相关生物力学测试。并应用改良后的逆行旋入钉治疗 73 例肱骨骨折患者, 观察旋入钉与原型钉在抗轴向压缩、抗拉伸、抗扭转、抗弯曲方面的不同之处及生物力学测试结果和纳入患者的临床疗效。

结果与结论: 改进后旋入钉在抗轴向压缩、抗拉伸、抗扭转、抗弯曲 4 个方面均优于原型钉, 两者比较差异均有显著性意义 ($P < 0.01$)。患者随访 3~48 个月, 均愈合良好, 置入后无感染、金属断裂、内固定松动等并发症。提示, 改进型逆行旋入钉生物力学测试更合理, 且操作简便, 并发症少, 具有广泛的临床应用前景及推广价值。

关键词: 改进型逆行旋入钉; 生物力学; 研制; 肱骨; 临床应用

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.13.011

熊鹰, 王大兴, 柳百炼, 李群辉, 贾福, 张仲子. 改进型肱骨逆行旋入钉的生物力学测试及临床应用评估[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(13):2322-2326. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

目前交锁髓内钉治疗肱骨骨折临床上已很成熟^[1]。但交锁髓内钉操作技术要求高, 极易出现横向交锁钉存在的锁钉交锁失败, 需要X射线设备监控等问题, 目前还不能在基层医院尤其是偏远地区普遍使用。1998-04昆明医学院附属延安医院骨科设计了肱骨旋入式自锁髓内钉(简称肱骨旋入钉), 包括顺行髓内钉与逆行髓内钉, 结果在多方面均优于现有国内外设计的带锁髓内钉^[2-9], 但顺行旋入式髓内钉与传统带锁髓内钉普遍存在的问题是肩袖损伤和肩关节功能活动障碍, 以及肌腱损伤及肩峰撞击等

问题, 而逆行旋入式髓内钉则彻底解决了这一难题^[10-11]。因此课题组认为逆行旋入钉具有更大的优势和发展潜力, 临床应用前景更广阔。本次课题属旋入钉的系列化研究, 将根据初期设计的逆行旋入钉存在的问题, 结合肱骨解剖特点和临床实践, 进行改进与完善工作, 力图从根本上解决原逆行旋入钉髓内固定存在的若干问题, 以利于进一步临床应用与推广。改进后的逆行旋入钉旨在不影响内固定效果的基础上, 改善进钉机制, 避免术中并发症。

1 材料和方法

1.1 肱骨逆行旋入钉的设计与改进

肱骨应用解剖: 肱骨干为长管状骨, 上段较粗, 稍向前外侧凸, 横截面为圆形, 自中1/3以下逐渐变细, 骨皮质紧密但弹性较小, 至下段稍增粗, 渐成扁平状, 并向前倾, 横切面为三角形, 后面较平, 其髓腔较直, 上段髓腔大, 中下1/3髓腔最窄。

肱骨干远端的解剖特点, 将肱骨干纵向分为30等分, 于肱骨远端(23~24)/30处形成一向前的交角($4.99 \pm 2.03^\circ$), 而在(27~28)/30处有效髓腔最细为(8.43 ± 1.48) mm, 肱骨近端髓腔中轴线延伸远端交后侧臂于鹰嘴窝近侧臂上方1.5 cm处, 而前后腔壁轴线延伸线分别交后侧臂于鹰嘴窝上侧壁及上侧壁以上2.5~3.5 cm处, 肘后正中入路进钉点正是在此范围内开孔, 开孔后其轴线与髓腔一致。肘后肌群少, 有三头肌腱膜及肌肉, 肌腱止于尺骨鹰嘴, 肘后两侧韧带较少, 其后正中切口, 纵向分离三头肌, 两侧牵开, 屈肘 $30^\circ \sim 80^\circ$, 可清楚显露鹰嘴窝。以上肱骨的解剖特点为髓内钉的设计及手术的实施提供依据。

器械设计: 逆行旋入钉由主钉和锁针组成, 用317L不锈钢或钛合金制作。原型主钉两端各有二组等螺距、等直径螺纹, 直径6.0~7.0 mm, 长200~280 mm, 主钉侧面有宽3 mm的锁针槽, 侧槽距钉尖20 mm斜出, 钉尾有内螺纹及一字形卡口, 供旋入钉扳手连接。锁针较主钉长5 mm, 宽为主钉半径+2.5 mm, 厚2.8 mm, 锁针全段单面侧刃, 近端刃侧增宽呈翼状, 针尾设有拔出孔。主要配套器械为三爪旋入扳手, 二爪扳手及打入器。主钉与锁针组合后, 整体形成一定锥度, 见图1。



Figure 1 Original nail
图1 原型主钉

为适应肱骨髓腔解剖, 钉置入髓腔后呈一定锥度, 以保证髓内钉在髓腔内的填充作用, 骨折断端主要通过螺纹和侧刃的有限接触获得稳定。使用时旋入钉主钉借助螺纹旋转进入髓腔, 其尖端锥度可减小进钉阻力, 有利通过髓腔狭窄部位。锁针沿主钉槽打入髓腔,

至尖端经槽的斜面穿出分叉, 增大尖端径线, 并使侧刃卡入髓腔内壁, 同时尾端翼刃嵌入断端骨质, 构成髓内纵向填充式交锁。这样通过主钉螺纹和锁针双向自锁的协同作用共同起到抗压缩, 抗分离和抗扭转的作用。原有逆行旋入钉在设计上着重强调, 增加螺纹节段, 加深螺纹深度, 减小杆段直径(6.0~7.0 mm), 使主钉在

髓内有一定顺应性, 同时增大锁针分叉, 将近端固定经线增加到1.5倍以上。根据原型钉临床使用情况及存在问题进行改进, 将主钉的螺纹形态、螺距、螺纹深度和直径方面进行进一步改进与完善。改进型逆行旋入钉的整体结构与肱骨髓腔形态相符, 设计上仍采用主钉螺纹和锁针侧刃的组合式结构方式, 实现髓内有限接触和扩大髓内固定径线的设计理念, 其固定机制仍以自锁形式获得髓内交锁, 属真正意义上的自锁髓内钉。

具体改进如下: ①将原主钉四组螺纹改为远近端二组螺纹, 增加尖端螺纹锥度, 缩小螺纹间距和螺纹深度, 从而减小进钉阻力, 以符合逆行进钉机制, 见图2。②增加了主钉侧槽的深度和锁针的宽度, 以扩大尖端锁针的分叉径线。③将两端螺距由原来的等螺距改为螺距差, 以使骨折断端获得加压效果, 见图3。④改变主钉原尾部连接结构, 以增强尾端与把手的连接强度。



Figure 2 Advanced nail
图2 改进型钉

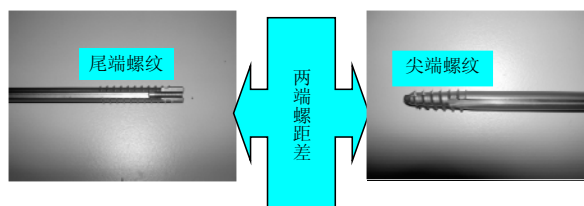


Figure 3 Threaded distance of advanced nail
图3 改进后螺距差

应用机制及优势: 逆行旋入钉通过上述改进, 在进钉的阻力、内固定的取出上显示了极大的优势, 并有效降低了医源性肱骨髁上骨折的发生率。该进行与原型钉在使用和固定机制上基本相同, 但前者具备了自动加压的作用。使用时旋入钉主钉借助螺纹旋转进入髓腔, 其尖端锥度可减小进钉阻力, 有利通过髓腔狭窄部位。锁针沿主钉槽打入髓腔, 至尖端经槽的斜面穿出分叉, 增大尖端径线, 并使侧刃卡入髓腔内壁, 同时尾端翼刃嵌入断端骨质, 构成髓内纵向填充式交锁。这样通过主钉螺纹和锁针双向自锁的协同作用共同起到抗压缩, 抗分离和抗扭转的作用, 见图4。

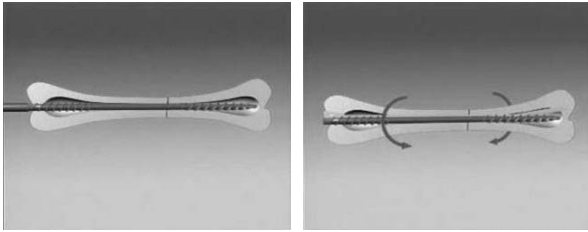


Figure 4 Two-way self-locking
图4 双向自锁

1.2 生物力学测试

一般资料: 标本由昆明医学院解剖教研室提供10付新鲜去除软组织的肱骨尸体标本, 男女各5具。

实验方法: 将所有肱骨中段制作成环状缺损的骨折模型, 用相应规格逆行钉标准固定, 标本连接位移传感器(美国BEI DUNCAN), 分别进行轴向压缩, 轴向拉伸, 水平扭转和三点弯曲试验, 测试数据通过转换系统输入到计算机, 并由计算机自动分析处理, 记录出测试结果。

1.3 临床资料

一般资料: 选择2005-05/2008-03昆明医学院附属延安医院骨科收治的73例肱骨骨折患者, 共80处骨折。男52例, 女21例, 平均30岁。骨折部位: 中段51处, 中下段29处, 多节段7例。左侧38例, 右侧35例。骨折类型: 横型42例, 斜形17例, 螺旋型9例, 粉碎型5例, 其中7例为多节段骨折; 开放性骨折10例, 新鲜骨折63例。

纳入标准: ①有明确的外伤史。②经X射线平片确诊为骨折, 并有明显移位。③肱骨干闭合性、开放性骨折。

排除标准: ①病理性骨折或患有代谢性骨病的患者。②肱骨干骨折伴有血管或神经损伤的患者。③手法复位外固定治疗禁忌症患者。

手术方法: 患者侧卧位, 于肘后尺骨鹰嘴尖端向近端延伸6 cm切开皮肤, 纵向分开三头肌腱膜及三头肌, 显露鹰嘴窝, 在鹰嘴窝上1.5~2.0 cm后正中用直径8 mm或9 mm的钻头钻孔, 钻孔与髓腔轴向一致; 远端髓腔扩髓直径与入口直径相符; 旋入主钉, 电透下骨折复位再逆行旋入近端髓腔, 主钉尖端螺纹拧入大结节松质骨, 尾端槽口置向后内侧, 打入锁针。假如闭合复位有困难或没有X射线设备的情况下, 可在进钉后, 于骨折部位行小切口直视下骨折复位固定。

疗效评价: 按骨折愈合时间和关节功能恢复情况分别进行评价。①骨折愈合标准: 优: 14周以内愈合; 良: 15~20周; 一般: 21~26周; 差: 27周以后愈合。结果优68例, 良2例, 骨折愈合优良率为96%, 100%的新鲜骨折在20周内愈合。②患肢功能恢复标准: 按肩关节、肘关节及臂部肌力情况与健侧(或正常值)对照丧失比例的多少进行评价。优: 关节活动和肌力丧失5%以内; 良: 丧失6%~15%; 一般: 丧失16%~30%; 差: 丧失30%以上。结果骨折愈合及关节功能恢复均属优良。

2 结果

2.1 生物力学测试结果

轴向压缩试验结果:

压缩力(N)	逆行变形(mm ⁻¹)	压缩力(N)	逆行变形(mm ⁻¹)
10	0.01	60	0.5
20	0.04	70	1
30	0.1	80	2.2
40	0.16	90	3.2
50	0.22	100	4.3

轴向压缩刚度达(926.4±21.3) N/mm

轴向拉伸试验结果:

力 F(N)	逆行变形(mm)	力 F(N)	逆行变形(mm)
10	0.01	60	0.12
20	0.015	70	0.4
30	0.02	80	0.6
40	0.035	90	1.0
50	0.05	100	1.2

拉伸刚度达(480.60±12.33) N/mm

水平扭转试验结果:

转矩(N·m)	扭角(°)	转矩(N·m)	扭角(°)
0.21	1.2	0.85	5.9
0.39	2.7	1.0	10.8
0.64	4.7	1.32	16.5

1.N.m 时扭角为 7.0°, 线性扭转刚度为(13.6±0.3)N·m

三点弯曲试验结果:

弯矩(N·m)	挠度(mm)	角位移(°)
1.2	0.31	0.21
2.1	0.65	0.46
3.5	0.80	0.54
4.4	1.20	0.69
5.71	1.40	1.20
6.42	1.80	1.32
7.25	1.32	1.30

变曲刚度(5.74±0.05) N·m/(°)

改进后旋入钉与原型钉在抗轴向压缩、抗拉伸、抗扭转、抗弯曲方面比较, 见表1。

表1 改进后旋入钉与原型钉抗轴向压缩、抗拉伸、抗扭转、抗弯曲方面比较

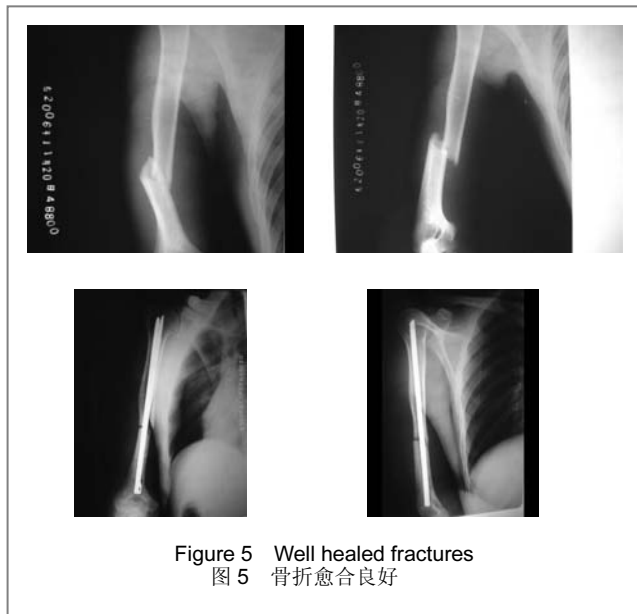
Table 1 Comparison of modified retrograde intramedullary nail and previous existed nails in resisting axial compression, extension, torsion, and blending ($\bar{x} \pm s$)

Item	Previous	Modified
Axial compression rigidity (N/mm)	926.4±21.3	725.4±11.8 ^a
Extension rigidity (N/mm)	480.60±12.33	365.40±8.28 ^a
Torsion rigidity (N·m)	13.6±0.3	11.2±0.1 ^a
Blending rigidity [(N·m)/(°)]	5.74±0.05	4.48±0.02 ^a

^aP < 0.05, vs. previous existed nails

改进后钉在上述4方面均优于原型钉,差异均有显著性意义($P < 0.01$)。

2.2 临床疗效 随访3~48个月,平均36个月,其中获6个月以上随访58例。按复查计划半年内每月定期复查1次X射线平片,并记录患肢功能恢复情况。结果新鲜骨折12~20周,平均14周全部愈合;陈旧骨折和骨不连18~50周,平均32周愈合;术后无感染,金属断裂和内固定松动等并发症,见图5。



结果表明逆行固定肱骨骨折,肩关节活动均在4周内恢复正常,而肘关节均在8周内恢复正常,说明逆行固定对肩关节无干扰,对肘关节的影响也只是暂时的。

3 讨论

通过与原型逆行旋入钉的比较,结果证实两者疗效基本相同,但在手术操作难度、平均手术时间、平均术中出血量以及避免并发症方面前者明显优于后者。本组病例无医源性肱骨髁上骨折发生,而课题组前期所做的84例原型钉中出现3例医源性骨折,并发症的概率偏大。

目前国内外应用于临床的肱骨带锁髓内钉由于设计的不同,而表现出使用特征的差异。按带锁髓内钉的结构特点,大致可分为3种类型:

第1种,采用双横向交锁的髓内钉(Both-Locked intramedullary Nail),如国外设计的Russel-Taylor肱骨钉, G-K肱骨钉, Smith-Nephew肱骨逆行钉,国内仿制的“非扩髓型肱骨内锁钉”等,此类交锁钉的固定特点是通过两端横向锁钉获得抗压缩、抗分离和抗扭转的作用,其固定强度较大,但手术操作复杂,技术要求较高,交锁时需瞄准装置和X射线监控^[12]。就横向交锁而言,其复杂性难免延长手术时间,增加皮肤切口,据Evans等^[10]和Reimer等^[11]在尸体上证明,近端横锁钉过长可引

起腋部血管神经损伤,并通过临床应用认为肱骨远端前后交锁置钉容易引起肱二头肌腱以及神经血管的损伤,此外,横向交锁钉除钉尾可出现肩峰下撞击外,近端锁钉也会出现肩关节撞击和损伤肱二头肌长头肌腱的现象,横向交锁钉还普遍存在交锁不准的问题。

第2种,一端横向交锁,另一端采用自锁的髓内钉,如国外设计的Seidel钉^[13],国内设计的“分叉交锁髓内钉”和“肱骨自锁髓内钉”,此类髓内钉由于采用了远端自锁设计,因而在一定程度上减化了手术操作和难度,但固定强度则不及前者,临床应用中远端分叉有时不能实现或分叉力量不足,而失去锁定的作用,此外,在其近端横向交锁方面, Seidel钉时同样出现了近端锁钉损伤肱二头肌长头肌腱和腋部血管神经的现象。

第3种,采用两端自锁设计的髓内钉,如实验前期研制的“肱骨旋入式自锁髓内钉”。在设计方面,采用了以螺纹为特征的结构,实现了髓内有限接触和增大髓内固定径线的设计,并以螺纹实现旋入式进钉替代插入或打入式进钉。在交锁方面,旋入钉以髓内双向自锁替代横向交锁。手术操作简便快捷,并且避免了横向交锁的诸多问题^[14-18]。而改进后的逆行旋入钉则将主钉的螺纹形态、螺距、螺纹深度和直径方面都作了进一步的完善。该设计具备了7项创新,具体如下:①设计创新:以螺纹和双向自锁的组合式设计为特点。②进钉方式的创新:主钉借助螺纹旋转进钉,自动加压,这种进钉方式已通过临床可行性研究得予肯定。旋转进钉的优点是:进钉阻力小,无震动,闭合复位易对位,进退钉速度容易掌握等。③交锁方式的创新:利用锁针尖端分叉侧刃和尾端增宽翼刃共同嵌入两端骨质,实现髓内双向自锁;避免了横向交锁带来的一系列并发症。④固定模式的创新:主钉2~4组螺纹和锁针侧刃以有限接触的形式增大髓内固定径线,有效控制断端摆动,其螺纹、侧刃、分叉和翼刃嵌入髓腔和骺端骨质起到抗压缩、抗分离和抗扭转的作用。该固定模式的优点是固定早期属相对静力固定,中后期随内固定的微动改变为相对动力固定,这种以应力性改变为特征的固定模式避免了应力集中和应力遮挡,有助于骨痂生长,促进骨折愈合,符合现代BO理论和生物固定要求。⑤手术操作:旋转进钉和双向自锁,手术操作更为简便快捷,无需瞄准装置和受X线设备的限制。⑥同传统带锁髓内钉与课题组同期研制的顺行旋入钉比较,逆行钉最大的创新是解决了损伤肩袖的难题,避免了肩关节的功能障碍^[19]。⑦改进型逆行旋入钉则更有所突破,操作更加简便,减少了进钉的阻力,并有效地降低了医源性的肱骨髁上骨折的发生率。在取出内固定时也更加方便,阻力更小。

就生物力学而言,无论内固定强度多大,固定早期仍只是辅助作用,过度强调髓内钉轴向压缩和拉伸刚度,往往出现应力遮挡而影响骨折愈合, Russel-Taylor

钉和Smith-Nephew钉在设计上将锁孔制作成椭圆形就是为了让骨折断端有微动, 有利骨痂形成Ⅱ愈合。本设计通过生物力学测试及临床应用证实, 其内固定强度足以对抗生理情况的折弯、压缩、分离和扭转应力, 能满足术后早期功能锻炼要求。旋入钉在固定期间能随骨折愈合发生应力性改变, 保持断端有一定压力, 促进骨折愈合, 同时避免因静力固定(如双横向交锁), 应力遮挡带来的不良影响, 从临床应用的疗效结果, 已充分体现了这一固定模式的优越性。

Seidel^[13]认为术后肩关节活动障碍是暂时的, 通常在半年内恢复正常; Robinson等^[20]则报告应用Seidel钉30例, 72%出现肩关节功能障碍, 其中12例是因钉尾突出大结节入口所致。本组以逆行固定, 没有损伤肩袖, 避免了肩关节的功能障碍。

肘后解剖与肩袖不同, 其三头肌纤维下方没有明确的滑膜囊结构, 且手术属关节外入路, 因此逆行固定对肘关节的干扰甚小, 而术后功能的影响多属骨折创伤和切口疼痛所致, 这种功能影响通常在2个月内可以恢复正常。本组肘关节均在8周内恢复正常。这说明逆行固定对肩关节无干扰, 对肘关节的影响也只是暂时的。

总之, 改进型肱骨逆行旋入钉以旋转进钉, 双向自锁, 髓内有限接触为特点, 配套器械简单, 手术创伤小, 并发症少, 并且完全避免了对肩关节的干扰, 而且操作更加简便, 减少了进钉的阻力, 并有效地避免了医源性肱骨髁上骨折。该设计经生物力学测试和临床应用结果证实了其手术的安全性和固定的可靠性, 尤其是手术操作可以不需X射线设备监控, 具有广阔的临床应用前景。相信本项研究的设计理念和固定模式必将对今后髓内固定的研究与发展起到积极的促进作用。

4 参考文献

- [1] Schittko A. Humeral shaft fractures. Chirur. 2004;75(8):833-846.
- [2] Xiong Y, Zhao F, Xiong JM, et al. Gu yu Guanjie Zazhi. 2001;16(1):27-30.
熊鹰, 赵峰, 熊竟明, 等. 旋入式自锁髓内钉的研制及临床研究[J]. 骨与关节损伤杂志, 2001, 16(1):27-30.
- [3] Liu GD, Wei CQ, Wang SM, et al. Shengwu Guke Cailiao yu Linchuang Yanjiu. 2008;5(5):41-42.
刘国栋, 魏春群, 王书明, 等. 带锁旋入式髓内钉治疗肱骨干骨折[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2008, 5(5):41-42.
- [4] Li CS. Shanxi Yiyao Zazhi. 2008;37(11):994-995.
李长胜. 旋入式自锁髓内钉治疗肱骨干骨折40例分析[J]. 山西医药杂志, 2008, 37(11):994-995.
- [5] Han W, Tian XB, Li B, et al. Guizhou Yiyao Zazhi. 2008;32(8):729.
韩伟, 田晓滨, 李波, 等. 旋入式自锁髓内钉与加压钢板治疗20例肱骨干骨折疗效分析[J]. 贵州医药杂志, 2008, 32(8):729.
- [6] Yao RF. Jiepo yu Linchuang. 2008;13(6):439-440.
姚仁福. 旋入式自锁髓内钉在肱骨干骨折中的应用[J]. 解剖与临床, 2008, 13(6):439-440.
- [7] Jiang Y, Ji CG, Wei XD, et al. Linchuang Guke Zazhi. 2008;11(4):375.
姜泳, 姬常功, 位学东, 等. 旋入式自锁髓内钉在肱骨干骨折治疗中的应用[J]. 临床骨科杂志, 2008, 11(4):375.
- [8] Liu YH, Wang W, Xie WJ, et al. Jianshan Yixue yu Linchuang. 2009;6(14):1190-1191.
刘云华, 王伟, 谢文军, 等. 旋入式自锁髓内钉治疗肱骨干骨折32例分析[J]. 检验医学与临床, 2009, 6(14):1190-1191.
- [9] Xiang Z, Guo ZH, Li JZ, et al. Zhongguo Jiaoxing Waikexue Zazhi. 2007; 15(12):898-900.
向峥, 郭振河, 李敬中, 等. 旋入式髓内钉微创治疗肱骨干骨折的疗效分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(12):898-900.

- [10] Evans PD, Conboy VBL, Evans EJ. The Saidel humeral locking nail: an anatomical study of the complications from locking screws. J Inj. 1993;24(3):175-176.
- [11] Reimer BL, D'Ambrosia R. The risk of injury to the axillary nerve, artery and vein from proximal locking screws of humeral intramedullary nails. Orthopedics. 1992;15(6):697-699.
- [12] Zang W, Liu YF, Wu QM, et al. Zhongguo Gushang. 2009;22(7):515-517.
臧伟, 刘云峰, 武全民, 等. 微创旋入钉内固定技术治疗伴桡神经麻痹的肱骨干中下段骨折[J]. 中国骨伤, 2009, 22(7):515-517.
- [13] Seidel H. Humeral locking: a preliminary report. Orthopedics. 1989;12(2):219-226.
- [14] Li QC, Hong YF, Yang RH, et al. Shiyong Guke Zazhi. 2009; 15(10): 781-782.
李春青, 洪云峰, 杨荣华, 等. 逆行旋入式自锁髓内钉治疗肱骨干骨折[J]. 实用骨科杂志, 2009, 15(10):781-782.
- [15] Li ZN, Liu BC, Xu JX, et al. Zhongguo Xiandai Yaowu Yingyong. 2010;4(6):33-34.
李振年, 刘斌成, 徐继新, 等. 带锁髓内钉与旋入式自锁髓内钉治疗长管状骨干骨折的比较[J]. 中国现代药物应用, 2010, 4(6):33-34.
- [16] Cui MH. Zhongguo Xiandai Yisheng. 2008;46(28):142-143.
崔明辉. 旋入式自锁髓内钉内固定治疗肱骨外科颈骨折[J]. 中国现代医生, 2008, 46(28):142-143.
- [17] Chen AG, Zhang JH. Zhongguo Meitan Gongye Yixue Zazhi. 2008; 11(4):523.
陈爱国, 张俊华. 旋入式自锁髓内钉固定肱骨干骨折疗效观察[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2008, 11(4):523.
- [18] Wang GL. Zhongguo Guyu Guanjie Sunshang Zazhi. 2009;24(8):741-742.
王国利. 旋入式自锁髓内钉治疗长骨干骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2009, 24(8):741-742.
- [19] You W, Wang DP, Xiong JY, et al. Zhongguo Xiandai Shoushuxue zazhi. 2008;2(4):280-282.
尤微, 王大平, 熊建义, 等. 顺行旋入式髓内钉治疗肱骨干骨折疗效观察[J]. 中国现代手术学杂志, 2008, 12(4):280-282.
- [20] Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM. Locked nailing of humeral shaft fractures J Bone Joint Surg(Br). 1992;74(4):558-562.

来自本文课题的更多信息——

作者贡献: 第一作者进行设计、临床应用, 第二、三、四作者进行临床试验与应用, 第二、第五、六作者进行随访、试验资料数据收集, 第二作者成文, 第一作者审校, 第一、二作者对文章负责。

致谢: 感谢昆明医学院解剖教研室及天津威曼生物材料有限公司在材料的提供及生物力学测试方面的协助。

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。

伦理批准: 参与实验的患病个体及其家属自愿参加, 在充分了解本治疗方案的前提下签署“知情同意书”; 治疗方案获医院伦理委员会批准。

医生资质: 参研人员具有高级职称 3 人, 具有中级职称 2 人, 均可独立完成该类手术, 成功率 100%。

本文创新性:

提供证据: 云南省科学技术情报研究院 2010-04-07 科技查新报告, 报告编号: (2010)53b2000315, 查新项目名称: 旋入式自锁髓内钉的研制及临床研究, 文献检索范围包括国际联机检索和中文检索, 主题词: 髓内钉; 自锁; 旋入; 纵向。查新结论: 检索到的中、外文文献中未见有与本项目研究的髓内钉构造完全相同的报道。

创新性特点说明: 课题组自行研制的“肱骨旋入式自锁髓内钉”, 在设计方面, 采用了以螺纹为特征的结构, 实现了髓内有限接触和增大髓内固定经线的设计, 并以螺纹实现旋入式进钉替代插入或打入式进钉。在交锁方面, 旋入钉以髓内双向自锁替代横向交锁。手术操作简便快捷, 并且避免了横向交锁的诸多问题。而改进后的逆行旋入钉则将主钉的螺纹形态、螺距、螺纹深度和直径方面都作了进一步的完善。