

新型迭形接骨板的实验研究与临床应用

朱建民¹ 方浩¹ 陈新刚¹ 曾明¹ 沈金根² 王云方³ 王桂荣⁴ 王维才⁵ 顾利华⁶
沈超⁷

(1. 上海市第八人民医院, 上海 200233; 2. 上海第二医科大学生物力学研究室, 上海; 3. 上海市公用事业职工医院, 上海; 4. 上海市南汇县中心医院, 上海; 5. 上海市奉贤县中心医院, 上海; 6. 上海市浦东新区周浦医院, 上海; 7. 上海市南汇县新场医院, 上海)

【摘要】 目的 改进骨折接骨板内固定技术, 克服目前临床上使用的接骨板的一些缺陷, 观察新型迭形接骨板临床效果。方法 根据汽车钢板弹簧结构和原理, 依据等强度梁力学原理, 研制一种新型迭形接骨板, 进行有关力学实验研究和临床治疗四肢长管骨骨折。结果 力学研究与临床应用结果显示, 该接骨板较好地克服了普通接骨板应力集中和高刚度等问题。临床上基本不发生螺钉和接骨板断裂现象, 手术后大多不需外固定, 并发症少, 骨折愈合良好, 临床效果满意。结论 该接骨板具有如下优点: ①结构新颖, 由多层薄片钢板重迭而成; ②应力分布非常均匀(接近 1:1); ③应力保护作用小; ④高强度、低刚度; ⑤可组合性; ⑥使用方便, 容易推广。该接骨板较好地改进了四肢长管骨(尤其是下肢)骨折接骨板内固定技术, 值得推荐。

【关键词】 骨折固定术, 内; 生物力学; 骨折愈合

The experimental study and clinical application of a new overlapping bone plate ZH U Jian-min, FANG Hao, CHEN Xir-gang, et al. The 8th People Hospital of Shanghai (Shanghai, 200233)

【Abstract】 Objective To improve internal fixation technique for the treatment of fractures, to solve some problems of the plates used recently for the treatment of the long bone fractures and to study clinical results of a new overlapping bone plate **Methods** According to the structure and principle of car plate spring and the mechanical principle of equal strength beam, a new overlapping bone plate was designed and tested in experimental study for its mechanical property; 121 patients with long-bone fractures were treated with these plates. **Results** Mechanical and clinical study showed that the new plate well overcame some problems of traditional bone plates such as stress concentration and high stiffness. Clinically, broken screws and bone plates were not observed. The clinical results were good with little complications, no external fixation was used and bone union was satisfactory. **Conclusion** Compared with traditional plates, the new plate had the following advantages: the structure of this new type with duplication of many layers of thin slice steel giving very even stress distribution (near to 1:1); decreased stress shielding effect; high strength and low stiffness; easy for use in combination; convenience in practical application. This plate is very suitable for the treatment of long bone fractures of low limbs.

【Key Words】 Fracture fixation, internal; Biomechanics; Fracture healing

目前, 临床上所使用的骨折内固定接骨板种类繁多, 但都是由一块钢板组成, 其应力主要集中在中央, 且刚度和强度一般都很高, 容易导致接骨板和螺钉断裂、折弯和松动, 应力保护作用大^[1,2]。作者自 1986 年以来, 研制一种新型迭形接骨板, 经临床应用, 较好地解决了上述问题, 现报告如下。

1 实验研究

1.1 结构 新型迭形接骨板选用材料为 1Cr18Ni9Ti 医用不锈钢。依据汽车钢板弹簧原理和结构设计而成(图 1), 其结构由 4 块厚度和宽度相等, 长度各异的薄钢板阶梯状重叠组合而成, 通过螺钉将 4 块薄钢板叠合成一个整体。4 块迭片厚度均为 2mm, 宽度为 15mm, 从长至短, 迭片的长度依次为 150mm、114mm、80mm 和 46mm, 中间厚 8mm, 两

侧厚度递减分别为 6mm、4mm 和 2mm。接骨板设计 8 个螺孔,螺孔内径 4mm,中间两螺孔中心距离为 36mm,其余均为 17mm,采用自攻皮质骨拉力螺钉,对骨折端施行内固定。

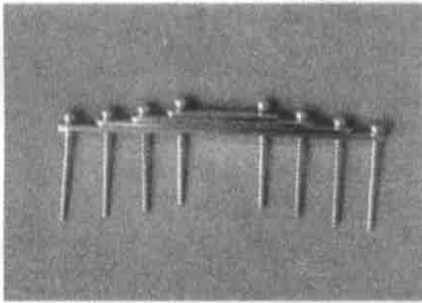


图 1 新型迭形接骨板

1.2 力学研究 新型迭形接骨板设计的力学原理选自等强度梁的概念,具有应力分布均匀、高强度和低刚度等特点^[3]。为了说明上述问题,作者对迭形接骨板施行力学研究,包括应力分布、三点弯曲强度、抗冲击、抗疲劳和比较研究等。

1.2.1 应力分布试验 分别选用迭片厚度为 2mm (简称迭₁) 和 1.5mm (简称迭₂) 迭形接骨板以及由单块厚度为 8mm 钢板加工而成的阶梯形接骨板(简称阶梯,其厚度和长度递减与迭₁ 相同),在 409 型光弹仪加力架上进行应力分布试验,两螺钉间粘贴电阻应变片,呈纵向排列,共贴 4 片。作三点弯曲试验,中部加载后,分别观察 4 片应变片的应变值,应变片上的应变值在 YJ5 型静态应变仪上测出。在接骨板中点放置一百分表,以记录接骨板的中点位移^[3-7]。

1.2.2 弯曲强度试验 采用英国 Instron 1122 型万能材料试验机分别对迭₁ 和迭₂ 接骨板施行弯曲强度试验,并对试验结果进行计算^[5]。

1.2.3 冲击试验 采用 JB-30B 电动冲击试验机只对迭₁ 接骨板施行冲击试验^[5]。

1.2.4 疲劳试验 采用 PW3-10 型 100KN 程序控制高频万能疲劳试验机,也仅选用迭₁ 接骨板施行疲劳试验^[5]。

1.2.5 比较研究 根据上述力学试验结果,分别参照国产 AO、粘着 AO 和角形接骨板进行比较研究^[5,6]。

1.3 结果 ①应力分布试验结果显示,迭₁ 和迭₂ 随着中部载荷递增,各测点应变值也随之递增,应力分布均匀,接近 1:1。但在载荷相同的情况下,迭₁ 各测点应变值变化不显著,迭₂ 则较迭₁ 显著,从而说明迭片厚度为 2mm 的迭形接骨板适宜,应变值变化适

中,中点变形在强度允许范围内,大于阶梯形接骨板,小于迭₂ 接骨板。相反,阶梯形接骨板应变值自中点至远点递增,应力分布集中在接骨板两侧,且各测点应变值变化显著,说明迭片重迭和不重迭力学原理完全不同,尽管外形相同^[5,6]。②弯曲强度试验结果显示,迭₁ 平均断裂载荷为 1450.4N,迭₂ 为 651.5N;迭₁ 平均弹性限最大载荷为 849.6N,迭₂ 为 392.0N;迭₁ 平均最大弯矩为 27.97N·m²;迭₂ 为 11.8N·m²,从而说明迭₁ 弯曲强度大于迭₂ 接骨板,并计算出迭₁ 接骨板平均弯曲强度和抗弯刚度分别为 0.1593GPa 和 4.829N·m²,迭₂ 为 0.1306GPa 和 2.722N·m²^[5,6]。③迭₁ 接骨板冲击试验结果显示,平均冲击功为 188J,平均冲击韧度为 156.3J/cm²^[5],达到和超过了临床要求的冲击强度^[5,6]。④疲劳试验结果显示,当最大载荷为 1800N,最小载荷为 180N 时,迭₁ 接骨板试验循环次数达 1600×10⁴,而且接骨板完好无损;继续试验最大载荷为 2300N,最小载荷为 230N 时,迭₁ 接骨板试验循环次数达 1900×10³ 时,只有一套接骨板上层迭片断裂,其余均完好无损,说明迭₁ 接骨板具有良好的抗疲劳特点,并达到和超过了临床要求的抗疲劳强度^[5]。⑤接骨板应力分布比较研究结果显示,迭₁ 和迭₂ 接骨板应力分布十分均匀,接近 1:1;阶梯接骨板应力集中在两侧,接近 1:4;AO 和粘着 AO 接骨板应力集中在中央,接近 5~10:1^[5,6]。⑥迭₁、角形和粘着 AO 接骨板抗冲击性能比较显示,迭₁ 接骨板冲击功小于角形接骨板(A 型),分别大于角形接骨板(B、C 型)和粘着 AO 接骨板,说明迭₁ 接骨板抗冲击性能良好^[5]。⑦弯曲强度比较研究显示,迭₁ 接骨板的刚度是角形和粘着 AO 接骨板的 1/3 左右,而承受最大弯距则类同,说明迭形接骨板具有高强度、低刚度的特性^[5]。⑧按照人正常抗弯力矩 10N·m (生理负载) 计算出迭₁ 接骨板承载安全系数(n) 为 2.548^[8]。按照戴克戎^[9] (1982) 对成人步态研究结果计算出迭₁ 接骨板抗疲劳安全系数为 2.7^[5,6]。

2 临床应用

2.1 病例选择 新型迭形接骨板主要适用于四肢长管骨骨折内固定治疗,尤其是下肢的股骨和胫骨骨折。作者自 1986 年 12 月至 1997 年 8 月采用新型迭形接骨板治疗四肢长管骨骨折 121 例,其中下肢骨折 104 例(85.95%),上肢骨折 17 例(14.05%);男性 104 例,女性 17 例;平均年龄为 33.66±13.20 岁;伤后至手术时间平均为 8.15 天(7.1~9.5 天)。

2.2 手术操作方法 新型迭形接骨板四肢长管骨

骨折内固定手术操作方法与普通接骨板相似, 不同之处有以下几点: ①术中骨折复位后, 应先选择一块最长的迭片安置于骨折端, 骨折线对准接骨板中点, 并先在其两侧末端螺孔内各拧入 1 枚螺钉, 然后依次阶梯状重迭安置第二、三和第四块迭片, 并从两侧向中央螺孔内分别拧入螺钉; ②胫骨骨折内固定时应将接骨板安置于前外侧软组织丰富处, 不应置于前内侧软组织菲薄处, 以防皮肤破裂, 接骨板外露; ③一般情况下, 股骨骨折重迭 4 片, 胫骨骨折重迭 3 片, 尺桡骨和肱骨骨折则重迭 2 片(4 孔)即可。特殊情况下, 可根据骨折类型、部位和承重情况增减或选择不同长度的迭片, 以适应骨折内固定的力学要求; ④术后一般均不需要外固定, 严重不稳定骨折术后可施行简单外固定。

2.3 结果 121 例四肢长管骨骨折迭形接骨板内固定术后随访时间最长 5 年 7 个月, 最短 51 天, 平均 1 年 10 个月, 除 4 例出现并发症外, 其余骨折均愈合良好, 未出现接骨板和螺钉断裂、折弯和松动现象, 且骨折愈合后肢体关节功能均恢复正常。4 例并发症中, 由于接骨板安置于胫骨前内侧导致皮肤破裂, 接骨板外露 2 例; 股骨骨折其它内固定失败不连接第 4 次手术, 由于骨折端骨质疏松和瘢痕形成以及患者肥胖和过早下床活动并摔跤, 导致螺钉拔出 1 例; 桡骨骨折不连续 1 例。

3 讨论

本接骨板的优点如下:

(1) 结构新颖: 迭形接骨板由 4 块相同厚度和宽度, 不同长度薄钢板阶梯状重迭组合而成, 通过螺钉将 4 块迭片连接成一个整体(图 1), 这区别于目前临床上使用的骨折内固定接骨板都是由一块钢板组成的结构^[5, 6]。

(2) 应力分布均匀: 本研究显示, 当接骨板做成不变截面时(如 AO 接骨板), 其中央为主要承载区, 两端承受极小载荷。施德广^[2](1986)对加压接骨板的研究显示, 中央承载是两端的 23.6 倍。当接骨板做成单块阶梯形, 由于阶梯形成等差数列排列, 其抗弯能力随厚度三次方比例缩减, 因此, 将大大增加两端的应力, 其应力分布主要集中在两端, 与加压接骨板正好相反。当接骨板做成由上、下 2 块或数块呈阶梯形重迭, 通过螺钉连接, 将能极大地调节应力分布, 使应力均匀分布, 接近 1:1, 基本消除了应力集中

现象, 从而避免了过大的应力集中对接骨板、螺钉和骨折端的危害, 且能保证各种应力的传递, 使骨折端保持稳定状态^[3~7]。

(3) 应力保护作用小: 本文研究显示, 组成迭形接骨板的迭片厚度应适中, 以 2mm 为宜。若过薄(如迭₂ 厚度为 1.5mm), 加载后变形过大, 强度受到影响, 且应力分布均匀性劣于迭₁。若过厚(>2mm), 加载后变形必然小, 应力也小, 弹性差, 应力保护作用大。厚度为 2mm(如迭₁)时, 加载后变形范围适中, 应力分布均匀性最佳, 应力保护作用相对小, 临床效果也最理想^[10~12]。

(4) 高强度, 低刚度: 普通接骨板的强度和刚度是呈正比的, 迭形接骨板当强度(承受最大弯距)达到相当大时, 其刚度只有相应强度接骨板的 1/3 左右, 这是迭形接骨板的最大特征之一^[5]。

(5) 可组合性: 迭形接骨板的 4 块迭片可根据骨折部位和承载大小任意拼搭, 自由组合, 从而可根据需要任意改变其强度和刚度^[5]。

(6) 容易推广: 迭形接骨板制造工艺和临床操作简单, 不需特殊器械, 易于推广^[5]。

参考文献

- 1 李天佑. 加压钢板内固定术并发症的探讨. 骨与关节损伤杂志, 1988, 3(2): 101.
- 2 施德广. 加压钢板的受力分析和设计应用中的几个问题. 骨与关节损伤杂志, 1986, 1(1): 34.
- 3 徐莘香. 新型梯形加压接骨板的设计及其力学原理. 中国生物医学工程学报, 1986, 5(1): 25.
- 4 Cheal EJ. Three dimensional finite element analysis of a simplified compression plate fixation system. J Biomech Eng, 1984, 106(2): 295.
- 5 朱建民, 金宗达, 郭强苏, 等. 新型迭形接骨板设计的力学原理. 上海生物医学工程, 1991, 35(1): 11.
- 6 朱建民, 沈金根. 新型迭形接骨板应力分布的实验研究. 医用生物力学, 1992, 7(2): 165.
- 7 Beaupreel GS. Stress in plated long bones. J Orthop Res, 1988, 6(1): 39.
- 8 Walker PS. Human joint and their artificial replacements. USA: Springfield Illinois, 1976. 40 57.
- 9 戴克戎. 平地常速行走时的步态观察. 中国生物医学工程学报, 1982, 1(1): 15.
- 10 王以进. 应力遮挡效应的理论基础和影响因素. 医用生物力学, 1992, 7(2): 187.
- 11 刘建国. 应力遮挡效应与骨关节固定综合症的防治原则. 医用生物力学, 1992, 7(2): 188.
- 12 裘世静. 接骨板应力遮挡作用是诱发骨质疏松的一个决定因素. 医用生物力学, 1992, 7(2): 189.

(收稿: 2001-03-14 编辑: 李为农)

欢迎投稿

欢迎订阅