

抗应力遮挡内固定钢板的有限元分析

王志彬¹ 李林安² 辛景义¹ 师宜健¹ 邢晖¹

(1. 天津市中西医结合骨科研究所, 天津 300211; 2. 天津大学, 天津)

【摘要】 目的 三维有限元法(FEM)适于内固定钢板和其改为中心外凸形状进行应力和变形分析。方法 有限元分析中采用了 1223 个节点、764 个八节点六面体等参元和 3564 个自由度。结果 改进后的内固定钢板比原来的内固定钢板在正向力、弯矩 M_y 和 M_z 的作用下, 柔度分别增加了 60.1%、30.8%、61.2%。结论 改进后的钢板刚度和应力替代作用被降低, 符合生物力学。

【关键词】 三维有限元 内固定钢板 生物力学

Finite elemental analysis on the anti stress shielding effect of the internal fixation plate WANG Zhibin, LI Lin'an, XIN Jing-yi, et al. Orthopaedic Institute of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine (Tianjing, 300211)

【Abstract】 Objective Three dimensional finite element method(FEM) is suitable for the analysis of the stress and deformation of the internal fixation plate and its modified type of the centrally convex shape.

Methods 1223 nodes, 764 8-node hexahedron isoparametric elements and 3564 freedom degrees were used in FEM analysis. **Results** In comparison with the original steel plate, the flexibility of the improved steel plate under the action of normal tensile load, y-direction and z-direction bending moment increased 60.1%, 30.8% and 61.2% respectively. **Conclusion** Both the rigidity and the role of stress shielding decrease. The data demonstrates that this improved steel plate meets the demand of biomechanics.

【Key Words】 Finite element method Internal fixation steel plate Biomechanics

内固定钢板是治疗骨折的常用手段。天津医院创伤骨科研究人员将内固定钢板设计成中心外凸形状, 取得了较好的临床疗效。本文我们应用三维有限元方法对其进行了应力和变形的分析。

1 材料与方 法

1.1 内固定钢板的形状及材料特性 改进设计前后的内固定钢板材料为不锈钢, 其力学参数如下: 弹性模量 $E=210\text{ Gpa}$, $\nu=0.28$, 密度 $\rho=7.6\text{ g/cm}^3$, 比重 $\gamma=0.0745\text{ N/cm}^3$ 。

改进前后的内固定钢板结构都是关于 YZ 面和 XZ 面对称的, 假如结构的力边界和位移边界条件也是对称的, 可以截取结构的一半或四分之一进行分析, 它完全代表整个结构的受力状况。但为了更直观, 我们特地没利用其对称性, 而进行了整体分析。

内固定钢板的主要改进在钢板的中部, 根据分析, 选取中间一段进行有限元分析可以对改进前后的内固定钢板应力替代作用比较, 同时可以减少工作量。为了减少载荷作用区域对计算结果的影响, 分析段在包含中心 20 mm 的同时, 还向两侧延伸 20 mm, 总长 60 mm。

1.2 内固定钢板的边界条件 内固定钢板的受力主要是断骨两部分的受力通过螺丝钉传递过来的。根据分析, 断骨的受力主要是由正向力 P(拉或压), 弯距 M_y 和 M_z 组成。为此在计算分析中, 对改进前后的内固定钢板都进行了三种受力工况的分析比较, 以上三种受力工况下, 受力是关于 YZ 面正对称的。

1.2.1 力边界条件 根据以上分析, 在计算中, 选取拉力 P 为 2.4kN, 弯距 M_y 和 M_z 分别为 1.6 kN·mm 和 4.8 kN·mm。为了减小结点上集中作用力对计算结果的影响, 分析中特别安装力学中应力与集中的关系, 换算为面力施加到单元面上, 受力是精确的。从结果看, 的确没有集中力作用的影响, 与预期效果是一致的。

1.2.2 约束条件 如上所述, 内固定钢板几何形状和受力可认为是关于 YZ 面对称的, 因此其应力、应变和位移也应 YZ 面对称。因为位移是相对量变, 而应力和应变是绝对量, 所以有限元模型的位移约束即不能产生刚体位移, 也不能产生附加力, 同时还至少应满足应力和应变关于 YZ 面对称性。

根据以上限制,在分析中将 X= 30 mm 截面上的 X、Y、Z 自由度约束,而在 X= - 30 mm 截面上施加力,计算结果表明这样的约束是合适的,没引入附加力。

1.3 单元划分 由于内固定钢板存在固定孔,使结构复杂了,也必须用较多的单元才能模拟其形状,所以分析中选用高精度的三维八节点六面体等单元。未改进结构:节点 1195 个,单元 752 个,自由度 3480 个。改进结构:节点 1223 个单元,764 个,自由度 3564 个。

2 结果

对于复杂结构的应力和强度进行数值分析,有限元是目前最有效、最成熟且花费最小的数值方法^[1,2]。根据前述的边界条件和网格划分形成计算数据,利用有限元分析软件 SAP84. V3. 2,选取改进前后的内固定钢板差别最大的中间一部分进行分析。在两段钢板端部分别施加同样大小的拉力、正向弯矩、侧向弯矩,比较它们的变形比例和应力比例,从而确定出承载替代作用的大小。见表 1。

表 1 改进前后内固定钢板位移比较表

受力 变形	正向力 正向位移(mm)	弯矩 My 弯矩 Q	弯矩 Mz 弯矩 Qz
未改进结构	0.015607	0.0066069	0.0015948
改进结构	0.024994	0.0086394	0.0025705
增大百分比(%)	60.1	30.8	61.2

3 讨论

从生物力学观点看,钢板内固定治疗骨折,尚存在着功能替代,偏心受力,疲劳断裂等不足。由于加压钢板固定后,所用的钢板的刚度比皮质骨刚度大 10 倍左右,钢板替代了骨应该承受的载荷。钢板固定部位以内的骨质长期不经受应有的应力刺激,即产生“应力遮挡”,使骨的重建受到影响,引起骨质疏松、萎缩,取出钢板,有发生再骨折的可能。从中西医结合治疗骨折的观点看,骨折后钢板内固定妨碍了“筋束骨”的生理机制,功能锻炼与活动下的肌肉

收缩,与其说锻炼了骨骼,不如说锻炼了钢板。

为了避免钢板使用中的弊端,近年来不少学者提出改进措施和研究出新的抗扭抗弯性能的内固定材料。如 Ti-6Al-4V 合金,其刚度比普通钢板小或接近骨的刚度。WOO 设计的空心不锈钢板,轴压缩刚度与骨相似,扭转及弯曲刚度比骨强,有利于骨折固定。达成共识的是,应用内固定钢板治疗骨折,为了避免应力遮挡,骨折一旦愈合应尽早取出钢板,以便患肢在控制日常活动中逐渐承受载荷,使骨骼按正常功能状态塑形和重建。值得注意的是:取出钢板后,局部应给予短期适当保护。

为防止偏心受力的发生,有时用预弯钢板,既将钢板中部(相当于骨折部位)隆起,钢板隆起部与骨面离开 1~ 2 mm。这样的钢板固定在骨上,使对侧断端比同侧有较大的压力,而使骨折端受力较均匀,从而避免了钢板对侧张口现象^[3]。临床实践表明,天津医院骨科设计的此种钢板,一方面具有抗应力遮挡的特点,另一方面也具有预弯钢板生物力学优点。

根据我们的计算结果,改进设计后内固定预弯钢板比原来的内固定钢板,在正向力、弯距 My 和 Mz 的作用下,柔度分别增加了 60.1%、30.8%、61.2%,换句话说,刚度下降了相应的比例。因此在临床治疗中,改进后的内固定钢板在维持必要固定前提下,将承担相对较小的载荷,既对骨的应力替代作用减小。在临床实践中,创伤骨折的类型是复杂的,精确地分析内固定钢板与骨的应力替代关系有待于做大量的生物力学深入研究。运用三维有限元方法对内固定进行应力和变形分析将发挥重要作用。

参考文献

- [1] 谢贻权,何福保.弹性和塑性力学中的有限单元法.北京:机械工业出版社,1981.233.
- [2] 王小同,王志彬,师宜健,等.跟骨有限元计算和分析.生物医学工程杂志.1987,4(3):195-198.
- [3] 孟和,顾志华,主编.骨伤生物力学.北京:人民卫生出版社,1991.296.

(收稿:1999-11-05 编辑:李为农)

• 读者•作者•编者•

重要通知

《中国骨伤》杂志已加入“中国期刊网”、“中国学术期刊(光盘版)”和中国科技信息研究所“万方数据网络系统(ChinaInfo)”。凡本刊论文一并进入上述网,投本刊论文作者视为同意论文入网,稿费已在本刊结算时一并结清。论文不愿入网者请另投他刊。特此声明。

(本刊编辑部)