

股骨头力学模拟方法及大尺度球头压入实验验证

王君^{1,3} 伊辰² 郇勇^{*1,3}

1 中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室(LNM), 北京 100190

2 北京积水潭医院创伤骨科, 北京 100035

3 中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049

*通讯作者: 郇勇, 邮箱: huany@lnm.imech.ac.cn

摘要 老年人因骨质疏松股骨近端极易发生骨折。目前临床上治疗股骨近端骨折最常用的方法是手术植入头钉进行内固定。但对于骨质疏松患者, 头钉选择的合适与否将直接影响治疗效果。因此, 术前应对股骨与头钉的力学性能匹配效果进行预测评估。这其中的核心问题是骨力学性能的仿真模拟。

本文在充分考虑松质骨的非均质和弹塑性特性的前提下, 建立了分区域弹塑性的力学模拟方法, 用于股骨近端的力学性能模拟预测。分区域弹塑性方法(Sub-regional Method of Elastoplasticity, SMEP)的几何模型来自于临床CT。临床CT值反映了骨材料的非均质特征。根据CT值将有限元模型划分为多个不同材质的区域, 对每个子区域赋予不同的弹塑性本构, 以屈服应变作为判断屈服的标准。

为验证该方法的有效性, 本文用人体股骨头样本进行了大尺度球头压入实验。实验所使用的样本为手术中置换下来的新鲜股骨头。将股骨头样本一分为二锯开, 垂直于剖面进行球头大压痕实验, 记录全过程的载荷-压入深度等数据。根据上述SMEP方法建立股骨头的有限元模型, 对上述大尺度球头压入实验进行仿真模拟。发现两种方法得到的载荷-深度曲线基本一致, 最大压痕深度偏差约11%。说明SMEP方法可以在一定程度上预测股骨头的力学特性。

关键词: 股骨头, 压痕实验, 弹塑性, 非均质, 力学性能