

CAE 在生物力学中的应用

刘 春

(中国人民解放军空军第二航空学院, 长春 130022)

王玉臣

(吉林工业大学理学院, 长春 130022)

牛晓明

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春130022)

摘要 阐述了 CAE 技术在生物力学中的应用, 并以人腿骨为例, 采用有限元分析手段探讨了人腿骨骼固定器与治疗恢复中受伤腿骨的作用机理。

关键词: 生物力学; 有限元法

1 引 言

创伤骨折是现代社会最常见的损伤之一, 目前治疗方法还不尽完善, 有时造成骨折延迟愈合, 甚至遗有不同程度的残废, 给患者造成了痛苦。使用外固定器治疗骨折在临床上已经得到广泛应用, 实践表明它具有很大的优越性。进一步从理论和实践上完善外固定器, 对治疗骨折有着非常重要的意义。

本文在 APOLLO 工作站, 利用 ANSYS 有限元程序, 对外固定器—胫骨系统进行了力学分析。

2 分析模型的建立

外固定器是由伸缩杆、旋转臂、槽式固定轴和克氏针四部分组成的空间框架结构。胫骨是由医院提供的成年人胫骨。通过实体测量, 得到外固定器—胫骨系统的几何参数。利用工作站的前处理程序, 建立起外固定器—胫骨系统的有限元网络模型。节点总数3428。胫骨划分成

2256个体单元,外固定器划分成946个体单元、20个梁单元、50个壳单元。外固定器由不锈钢材料组成,材料参数为 $E = 2.06 \times 10^{11} \text{N/m}^2$, $\mu = 0.25$ 。人体胫骨的材料特性比较复杂,这里我们采用王以进在1983年作出的中国人新鲜胫骨的弹性模量 $E_x = E_y = 1.75 \times 10^{10} \text{N/m}^2$, $E_z = 1.7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$, $\mu_{xy} = \mu_{yx} = 0.34$, $\mu_{zx} = 0.35$ 。为了反映胫骨骨折的愈合过程,设置骨折间隙为一层1 mm 厚的软骨单元,不考虑软骨的各向异性条件下,由资料查得软骨材料参数为: $E = 5.76 \times 10^6 \text{N/m}^2$, $\mu = 0.5$ 。

体重的个体差异较大,我们采用中国人正常体重的平均值65 kg。在实际临床观察中,骨折患者在治疗后期就能够受力,此时骨折间隙充满了大量纤维性软骨,并随着患者的功能逐步锻炼,纤维性软骨逐渐地钙化成正常骨。由于患者做功能锻炼时,行走缓慢,因此患者在单肢负重时,胫骨上的载荷按静载荷处理。同时,由于临床做牵引肌肉的平均力大小约为6 kg,这样作用在胫骨上的力就有人体的重力和肌肉力共71 kg,都垂直作用于胫骨的生理作用点上。此外,我们把胫骨下端节点作全约束处理。

3 计算结果及分析

应力遮挡是指不同材料组成一个系统时,弹性模量大的材料承担较多的载荷,从而使弹性模量小的材料少承载。这里,假设正常人的胫骨模型的应力值用 σ 表示,而外固定器和正常人胫骨的组合模型中的胫骨的应力值用 σ' 表示。则应力遮挡系数 n 表示为: $n = (1 - \frac{\sigma'}{\sigma}) \times 100\%$

由 ANSYS 程序分别计算出两种模型的节点应力值,对应于骨折的胫骨断端处一层节点,得到纵向应力遮挡系数曲线如图1所示。

从纵向应力遮挡系数分布曲线上得出:外固定器—胫骨系统的应力遮挡系数在1%~25%之间。其中,前侧应力遮挡系数平均值为2.5%,后侧应力遮挡系数的平均值为16.8%。

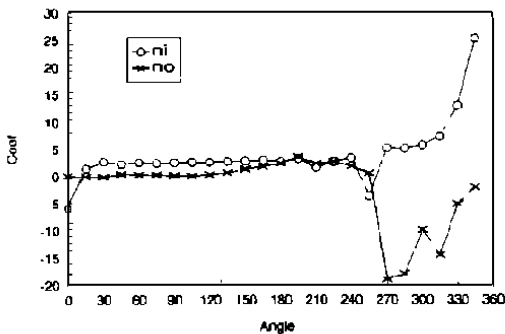


Fig. 1 Stress shelter coefficient n_i — inner surface of bone n_o — outer surface of bone

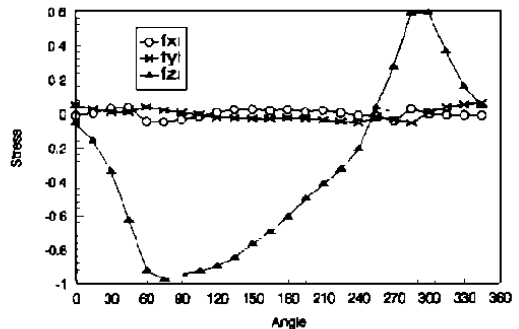


Fig. 2 Stress of bone

此外,为了反映胫骨骨折的愈合过程,我们设置第21、22层节点为胫骨断端节点,两层断面相距1 mm,断层材料为软骨材料。利用有限元 ANSYS 程序计算出断端处节点的应力值,并作出应力的空间分布曲线图如图2所示。

4 结 论

从图2上得出:①纵向应力远大于横向应力,并且纵向应力值变化较大,而横向应力值比较平稳。②从纵向应力分布来看:在60°~90°处,胫骨断端处所受压力最大;而在270°~300°处,胫骨断端所受拉力最大。这两处是胫骨骨折端易受破坏的部位,在患者功能锻炼时应当多加注意。

本文在 APOLLO 工作站,用有限元程序对生物力学中有关外固定器—胫骨系统进行了一些有益的分析 and 探索,对指导临床实践起到了积极作用。

Application of CAE in Bio-mechanics

Liu Chun

(The Second Aviation College, PLA, Changchun 130022)

Wang Yuchen

(Science College, Jilin University of Technology, Changchun 130025)

Niu Xiaoming

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Science, Changchun 130022)

Abstract

This paper describes the application of CAE technology in the field of Bio-mechanics, the leg bone of human is taken as an example, the mechanism of broken leg born being curried and the related fixed structure device have been studied by means of FEA.

Key words: Bio-mechanics, FEA

刘 春 男,1964年8月生,1986年毕业于吉林大学物理系,获理学学士,1996年毕业于吉林工业大学理学院,获工学硕士学位。现于中国人民解放军空军第二航空学院基础系任教。