

去卵巢骨质疏松模型大鼠L₄脊椎骨的应力松弛与蠕变☆

张 翹¹, 张忠君², 李新颖¹

L₄ vertebra stress relaxation and creep properties in ovariectomized rats with osteoporosis

Zhang Qiao¹, Zhang Zhong-jun², Li Xin-ying¹

Abstract

BACKGROUND: For the prevention and treatment of osteoporosis, it is necessary to understand the relationships of the creep and stress relaxation of the spine with time in ovariectomized rats.

OBJECTIVE: To observe the osteoporosis effects on the viscoelastic properties of load-bearing bone of ovariectomized female rats.

METHODS: Forty-four Wistar female rats were divided into control and osteoporosis model groups. Rats in the model group were ovariectomized at 0 week. Stress relaxation trial with 1%/s strain rate and creep experiment with 0.01 MPa/s stress increasing rate. 100 data were collected within 7 200 seconds.

RESULTS AND CONCLUSION: The amount of stress relaxation and creep on L₄ segment within 7 200 seconds was higher in the control group than the model group ($P < 0.05$). The stress relaxation curve changed in logarithmic manner, and the creep curve changed in exponential manner. The viscoelastic properties of ovariectomized rats with osteoporosis have changes.

Zhang Q, Zhang ZJ, Li XY. L₄ vertebra stress relaxation and creep properties in ovariectomized rats with osteoporosis. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(26): 4829-4832. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 去卵巢大鼠脊椎骨会发生哪些应力松弛与蠕变及时间的变化规律?

目的: 观察去卵巢骨质疏松对雌性大鼠承重骨黏弹性特性的影响。

方法: Wistar 雌性大鼠 44 只随机等分为去卵巢骨质疏松动物模型组和对照组。模型组大鼠于 0 周摘除卵巢, 14 周后对大鼠 L₄ 椎骨进行应变增加速度为 1%/s 的应力松弛实验和应力增加速度为 0.01 MPa/s 的蠕变实验, 在 7 200 s 采集 100 个数据。

结果与结论: 大鼠 L₄ 椎骨对照组 7 200 s 应力松弛量和蠕变量大于模型组($P < 0.05$); 同时大鼠 L₄ 椎骨应力松弛曲线是以对数关系变化的, 蠕变曲线是以指数关系变化的。提示去卵巢骨质疏松大鼠椎骨黏弹性力学特性发生了改变。

关键词: 去卵巢; 骨质疏松; L₄ 椎骨; 流变特性; 大鼠

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.26.020

张翹, 张忠君, 李新颖. 去卵巢骨质疏松模型大鼠 L₄ 脊椎骨的应力松弛与蠕变[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(26):4829-4832. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

¹China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130031, Jilin Province, China;
²Department of Basic, Air Force Aviation University of Chinese PLA, Changchun 130022, Jilin Province, China

Zhang Qiao☆, Doctor, Attending physician, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130031, Jilin Province, China mahs@jlu.edu.cn

Received: 2011-04-08
Accepted: 2011-05-30

0 引言

骨质疏松是一种以骨密度降低、骨显微结构破坏和脆性骨折发生危险增加为主要特征的慢性复杂性疾病。骨质疏松症的病理特征是骨量减少、骨组织为结构破坏, 引起骨强度降低, 骨折危险性增加。

骨质疏松症老年女性发病率最高。老年女性由于卵巢功能衰退, 体内雌激素水平下降, 导致骨吸收多于骨形成, 造成骨质疏松, 出现全身骨痛及脊椎、股骨胫等处骨折, 发病率为 30%~50%^[1]。预防和治疗骨质疏松是国内外学者们研究的重要课题。国内外学者们对骨质疏松的预防诊断, 治疗和骨质疏松人和动物骨的力学性质等进行了大量的研究^[2-11]。

骨力学是生物力学的分支, 研究骨组织在外力作用下的力学特性和骨受力后的生物效应是对骨质量进行评定的一种可靠方法。因此对

骨进行生物实验研究, 不但有助于对骨质量进行直接评价, 而且也是评价各种对抗骨丢失措施的最佳方法之一^[12]。搞清楚骨的力学性质对研究骨质疏松具有重要意义, 关于对正常大鼠和去卵巢骨质疏松大鼠L₄椎骨应力松弛, 蠕变黏弹性力学特性研究鲜有报道。

鉴于临床实际的需要, 作者对正常大鼠和去卵巢骨质疏松大鼠的L₄椎骨进行应力松弛、蠕变实验, 分析大鼠L₄椎骨应力松弛、蠕变实验数据, 研究去卵巢所致骨质疏松对大鼠椎骨黏弹性特性影响。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验

时间及地点: 于2009-01-02在吉林大学力学实验中心完成。

材料:

动物: 四五月龄Wistar雌性大鼠44只, 体质

¹ 吉林大学中日联谊医院, 吉林省长春市 130031;
² 解放军空军航空大学基础部, 吉林省长春市 130022

张翹☆, 男, 1977年生, 吉林省长春市人, 汉族, 2004年吉林大学中日联谊医院毕业, 博士, 主治医师, 主要从事骨科临床与生物力学研究。mahs@jlu.edu.cn

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2011)26-04829-04

收稿日期: 2011-04-08
修回日期: 2011-05-30
(20110408002/YJ·W)

量272~292 g, 由长春高新医学动物实验中心提供, 动物许可证号: SCXK(吉)2003-0004。大鼠在笼内自由活动。所有动物用标准的动物饲料喂养, 室温20~22 ℃, 人工控制室内照明, 保持充足的阳光。实验过程中对动物的处置符合2006年科学技术部发布的《关于善待实验动物的指导性意见》的规定^[13]。

主要仪器:

仪器	来源
电子万能试验机	日本岛津制作所
读数显微镜	长春第三光学仪器厂

方法:

分组: Wistar雌性大鼠44只按体质量配对, 随机分为对照组和模型组, 各22只。

建模: 对模型组大鼠按参考文献[14]的方法建模, 以10 g/kg戊巴比妥钠腹腔麻醉, 无菌条件下经腹部门中线切口, 切除双侧卵巢, 缝合切口。

标本取材: 建模第14周后以腹主动脉放血法处死大鼠, 取大鼠L₄椎骨用生理盐水浸湿的纱布包裹标本, 贮于-20 ℃冰箱内保存备用。

应力松弛实验: 取对照组和模型组各10个试样, 首先以读数显微镜测量试样的原始尺寸, 试样长7.02~7.88 mm, 直径为3.72~3.84 mm。之后按参考文献[15-30]的方法分别对每个试样预调处理后进行实验。实验设备为电子万能试验机。试验机带有可调环境温箱。本实验在36 ℃温度环境下进行。将试样置于装有pH值为7.4的生理盐水槽中, 生理盐水槽放置在试验机工作台上, 试验机压头对正试样上表面。对试样以0.1%/s的应变增加速度对试样施加应变, 当对照组应变达到0.68%, 应力达到9.09 MPa, 模型组应变达到0.63%, 应力达到9.09 MPa, 使应变保持恒定应力随时间的改变不断下降。计算机程序设定时间t(0)开始收集数据, 每0.6 s采集1个数据, 采集10次; 之后每10 s采集1个数据, 采集40次; 之后每136 s采集1个数据, 采集50个数据; 共采集100个数据, 历时7 200 s。达到设定时间后打印机自动打印出实验数据和曲线。

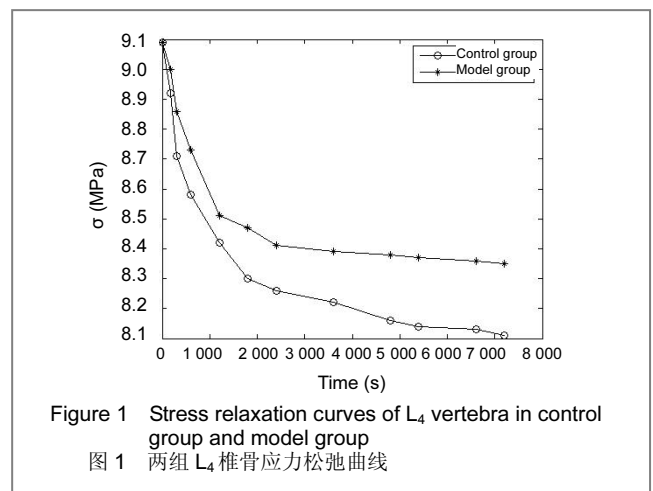
蠕变实验: 两组大鼠L₄椎骨蠕变实验的试样原始尺寸测量, 实验环境温度, 试样预调处理, 试样装夹等与应力松弛实验相同。对两组各取10个试样以0.01 MPa/s的应力增加速度对试样施加应力。当对照组应力达到9.09 MPa, 应变达到0.86%, 模型组应力达到9.09 MPa, 应变达到0.63%时, 使应力保持恒定, 应变随时间的改变不断增加。计算机程序设定: 实验时间为7 200 s, 采集100个蠕变数据, 达到设定时间后打印机自动打印出实验数据和曲线。

主要观察指标: 大鼠L₄椎骨应力松弛、蠕变数据和曲线, 应力, 应变与时间的变化规律。

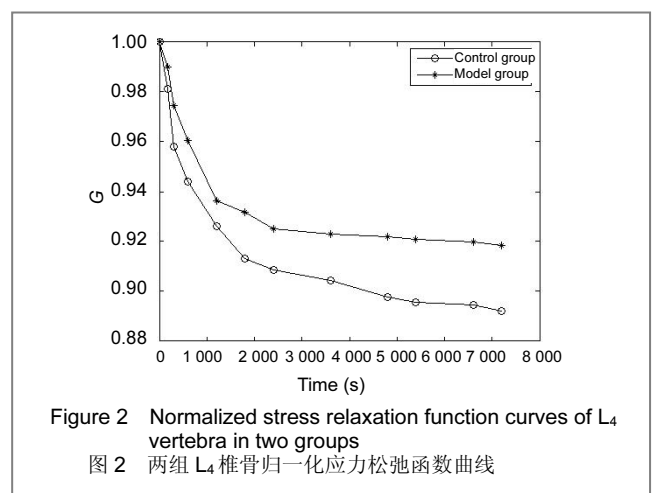
2 结果

2.1 实验动物数量分析 实验大鼠共44只, 全部进入结果分析, 无脱落。

2.2 两组L₄椎骨应力松弛曲线 应力松弛曲线是以对数关系变化的, 对照组7 200 s应力松弛量为0.98 MPa, 模型组7 200 s应力松弛量为0.74 MPa, 模型组7 200 s应力松弛量小于对照组($P < 0.05$), 模型组应力松弛特性发生了改变, 见图1。



归一化应力松弛曲线见图2。



2.3 归一化应力松弛函数的建立 应力松弛曲线是以对数关系变化的, 因此设^[17-18]:

$$G(t) = \begin{cases} 1 & t=0 \\ c \ln(t+d) & t>0 \end{cases}$$

式中c、d为待定系数。

$$\text{令 } (c, d) = \sum_{i=1}^n [G(t_i) - G_{\text{实}}]^2$$

$$\text{则 } \frac{\partial \varphi}{\partial c} = 0 \quad \frac{\partial \varphi}{\partial d} = 0 \quad \text{即}$$

$$\begin{cases} c \sum_{i=1}^{11} 1nt^2 + d \sum_{i=1}^{11} 1nt - \sum_{i=1}^{11} G_{\text{实}} 1nt = 0 \\ c \sum_{i=1}^{11} 1nt + \sum_{i=1}^{11} d - \sum_{i=1}^{11} G_{\text{实}} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

将实验数据代入(1)式解出对照组、模型组c, d值结果如下:

$$\text{正常组: } G(t) = \begin{cases} 1 & t=0 \\ 1.020 \ 2 \ln t - 0.013 \ 6 & t>0 \end{cases}$$

$$\text{模型组: } G(t) = \begin{cases} 1 & t=0 \\ 1.017 \ 8 \ln t - 0.010 \ 8 & t>0 \end{cases}$$

2.4 两组L₄椎骨蠕变曲线和归一化蠕变函数曲线
蠕变曲线是以指数关系变化的, 对照组7 200 s蠕变量为0.338%, 模型组7 200 s蠕变量为0.231%, 模型组7 200 s蠕变量小于对照组($P < 0.05$)。模型组蠕变特性发生了改变, 见图3, 4。

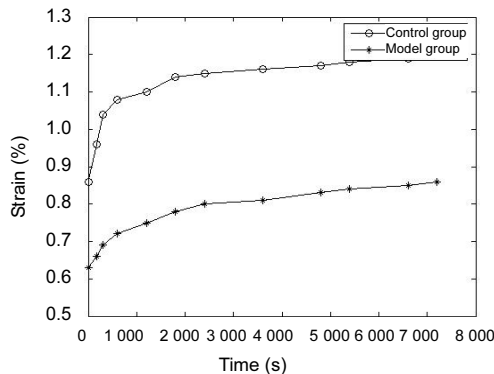


Figure 3 Creep curves of L₄ vertebra in two groups
图3 两组L₄椎骨蠕变曲线

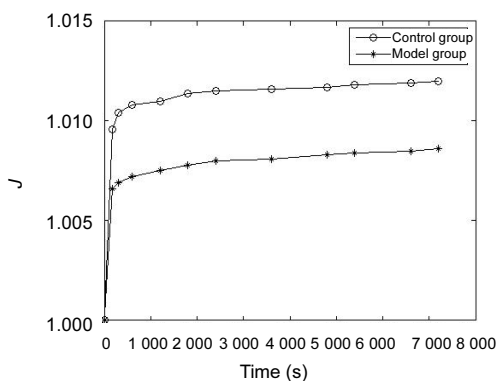


Figure 4 Normalized creep function curves of L₄ vertebra in two groups
图4 两组L₄椎骨归一化蠕变函数曲线

2.5 归一化蠕变函数方程的建立 根据J(t)曲线, 可以看出J(t)随时间的变化规律与指数函数的变化规律相似。

因此设^[17-18] $J(t) = a + b^{-t}$ (2)
由最小二乘法确定a, b。

$$\text{令 } (a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n J(t) - J_{\text{实}}}{n}$$

则导出:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{11} a + \sum_{i=1}^{11} e^{-t} b = \sum_{i=1}^{11} J_{\text{实}} \\ \sum_{i=1}^{11} a e^{-t} + \sum_{i=1}^{11} (e^{-t})^2 b = \sum_{i=1}^{11} e^{-t} J_{\text{实}} \end{cases}$$

将实验数据代入(2)式解出各组的a, b值, 将各组的a, b值代入(2)式得出:

$$\text{对照组: } J(t) = \begin{cases} 1 & t=0 \\ 1.013 \ 7 \ln t - 0.006 \ 1 & t>0 \end{cases}$$

$$\text{模型组: } J(t) = \begin{cases} 1 & t=0 \\ 1.009 \ 8 \ln t - 0.004 \ 7 & t>0 \end{cases}$$

3 讨论

赵宝林等^[15]研究了去卵巢大鼠椎骨的压缩、弯曲、扭转和抗冲击力学性质。其以去卵巢的方法复制骨质疏松动物模型, 取正常对照组和模型组大鼠L₁₋₄椎骨进行压缩、扭转、冲击破坏实验。结果表明, 模型组压缩应力、应变、弹性模量、弯曲弹性模量、弯矩、弯曲应力、扭矩、扭转角、扭转剪应力、冲击功、冲击韧性均低于正常对照组($P < 0.05$)。去卵巢法制作的骨质疏松模型弯曲、扭转、压缩和冲击力学性能均降低, 说明骨质疏松后骨的强度和韧性降低。于涛等^[16]对模拟失重致骨质疏松雄性大鼠L₄椎骨进行了黏弹性实验研究。其以悬吊法复制失重骨质疏松动物模型。取L₄椎骨进行应力松弛、蠕变、黏弹性力学特性实验。实验结果表明, 对照组大鼠L₄椎骨7 200 s压缩应力松弛量为0.78 MPa, 失重组大鼠L₄椎骨7 200 s应力松弛量为0.58 MPa, 正常对照组大鼠L₄椎骨7 200 s压缩蠕变量为4.15%, 失重组大鼠L₄椎骨7 200 s蠕变量为3.26%, 失重组大鼠L₄椎骨7 200 s蠕变量低于正常对照组0.89%。臧虎等^[17]研究了模拟失重雌性大鼠L₅椎骨的应力松弛特点。结果表明, 正常和失重组应力松弛最初600 s变化较快, 之后应力缓慢下降, 对照组7 200 s应力松弛量为0.88 MPa, 失重组7 200 s应力松弛量为0.62 MPa。应力松弛曲线是以对数关系变化的, 失重骨质疏松对应力松弛具有一定的影响。高明等^[18]报道了模拟老年雄性骨质疏松大鼠椎骨力学性质的实验研究, 得出了正常对照组和模型组大鼠L₄椎骨拉伸、压缩最大载荷、最大应力、最大位移、最大应变及弹性模量, 得出了正常对照组和模型组大鼠L₁₋₄椎骨三点弯曲最大载荷、最大弯矩、最大应力、弹性模量等数据, 得出了正常对照组和模型组大鼠L₁₋₄椎骨最大扭矩、扭转角、扭转剪应力的结果和模型组各项力学性能指标均小于正常对照组的结论。吕雅平等^[19]报道了模拟失重大鼠L₅椎骨蠕变特性的研究, 得出了正常对照组和失重模型组大鼠L₅椎骨压缩蠕变数据、曲线

和蠕变方程, 得出了失重组大鼠L₅椎骨7 200 s蠕变量低于正常对照组($P < 0.05$), 失重骨质疏松对大鼠椎骨的流变特性具有一定影响大结论。以上的研究证明, 模拟失重骨质疏松、去卵巢骨质疏松、去睾丸骨质疏松动物椎骨的力学性能和应力松弛、蠕变黏弹性力学特性均发生改变。本实验结果与以往的研究表现出良好的一致性。去卵巢大鼠椎骨的黏弹性力学特性也发生改变。本实验研究与以往研究不同的是, 以往去卵巢大鼠椎骨力学性能研究以三点弯曲实验居多^[11-12]。本实验以去卵巢大鼠椎骨L₄椎进行应力松弛、蠕变特性对比分析更具有理论意义和临床价值。

4 参考文献

- [1] Hang YX. Qiqihaer Yixueyuan Xuebao. 2010;31(3):396. 杭元星. 雌激素治疗绝经后女性骨质疏松症的临床研究[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2010, 31(3):396.
- [2] Onobrakpeya OA, Fall PM, Willard A, et al. Effect of norethindrone acetate on hormone levels and markers of bone turnover in estrogen-treated postmenopausal women. *Endocr Res*. 2001;27(4): 473-480.
- [3] Ishida Y, Mine T, Taguchi T. Effect of progestins with different glucocorticoid activity on bone metabolism. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2008;68(3):423-428.
- [4] Sliwiński L, Folwarczna J, Nowińska B, et al. A comparative study of the effects of genistein, estradiol and raloxifene on the murine skeletal system. *Acta Biochim Pol*. 2009;56(2):261-270.
- [5] Sitruk-Ware R. Pharmacological profile of progestins. *Maturitas*. 2008;61(1-2):151-157.
- [6] Hartard M, Kleinmond C, Luppa P, et al. Comparison of the skeletal effects of the progestogens desogestrel and levonorgestrel in oral contraceptive preparations in young women: controlled, open, partly randomized investigation over 13 cycles. *Contraception*. 2006;74(5):367-375.
- [7] Peng S, Xia R, Fang H, et al. Effect of epimedium-derived phytoestrogen on bone turnover and bone microarchitecture in OVX-induced osteoporotic rats. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*. 2008;28(2):167-170.
- [8] García-Becerra R, Borja-Cacho E, Cooney AJ, et al. The intrinsic transcriptional estrogenic activity of a non-phenolic derivative of levonorgestrel is mediated via the estrogen receptor- α . *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2002;82(4-5):333-341.
- [9] Kim SW, Park DJ, Park KS, et al. Early changes in biochemical markers of bone turnover predict bone mineral density response to antiresorptive therapy in Korean postmenopausal women with osteoporosis. *Endocr J*. 2005;52(6):667-674.
- [10] Fitzpatrick LA. Estrogen therapy for postmenopausal osteoporosis. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2006;50(4):705-719.
- [11] Lewis V. Undertreatment of menopausal symptoms and novel options for comprehensive management. *Curr Med Res Opin*. 2009;25(11):2689-2698.
- [12] Cui W, Liu CL. *Zhongguo Guzhi Shusong Zazhi*. 1997;3(4): 482-485. 崔伟, 刘成林. 基础骨生物力学(一)[J]. 中国骨质疏松杂志, 1997, 3(4):482-485.
- [13] The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. Guidance Suggestions for the Care and Use of Laboratory Animals. 2006-09-30. 中华人民共和国科学技术部. 关于善待实验动物的指导性意见. 2006-09-30.
- [14] Liao CH, Zhao ZL. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2008;12(2):275-278. 廖春海, 张兆强. 碳酸钙对去卵巢大鼠骨矿盐代谢的影响[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(2):275-278.
- [15] Zhao BL, Yu T, Chen P, et al. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2008;12(33):6466-6469. 赵宝林, 于涛, 陈鹏, 等. 骨质疏松模型大鼠椎骨压缩、弯曲、扭转和抗冲击的力学性质[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(33): 6466-6469.
- [16] Yu T, Zhang ZJ, Tang GZ, et al. *Beijing Shengwu Yixue Gongcheng*. 2008;27(5):505-508. 于涛, 张忠君, 唐广志, 等. 模拟失重雌性大鼠L₄椎骨黏弹性实验研究[J]. 北京生物医学工程, 2008, 27(5):505-508.
- [17] Zang H, Li P, Ma HS. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2009;13(37):7241-7244. 臧虎, 李鹏, 马洪顺. 模拟失重雌性大鼠L₅椎骨的应力松弛特点[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(37):7241-7244.
- [18] Gao M, Ma CY, Ma HS. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2008;28(11):1056-1066. 高明, 马成云, 马洪顺. 模拟老年雄性骨质疏松大鼠椎骨力学性质的实验研究[J]. 中国老年学杂志, 2008, 28(11):1056-1066.
- [19] Lv, YP, Li P, Zang H, et al. *Shengwu Yixue Gongcheng Yanjiu*. 2009;28(4):289-291. 吕雅平, 李鹏, 臧虎, 等. 模拟失重雌性大鼠L₅椎骨蠕变特性的研究[J]. 生物医学工程研究, 2009, 28(4):289-291.
- [20] Lv YP, Li YP, Liu YF, et al. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2010;14(9):1595-1598. 吕雅平, 李云鹏, 刘铁凡, 等. 老龄腰椎松质骨的剪切力学变化[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(9):1595-1598.
- [21] Zang H, Zhang Q, Ma HS. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2010;14(9):1599-1602. 臧虎, 张翹, 马洪顺. T3~12胸椎松质骨冲击力学特性: 青年与老年的差异比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(9):1599-1602.
- [22] Wang XL, Li S. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2010, 14(46):8590-8593. 王秀玲, 李爽. 正常与病态眼角膜拉伸力学的特性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(46):8590-8593.
- [23] Yu B, Sun C, Quan TG, et al. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2010, 24(14):4445-4448. 于波, 孙长江, 权铁刚, 等. 动脉粥样硬化模型动物脑血管的拉伸力学特性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 24(14):4445-4448.
- [24] Piao CD, Li XY, Gao M, et al. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2011;15(15):2707-2010. 朴成东, 李新颖, 高明, 等. 骨性关节炎动物模型内侧面副韧带的应力松弛[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(15):2707-2010.
- [25] *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2010;14(33):6113-6116. 权铁刚, 高明, 马洪顺. 弯曲力学性质: 年与老年尸体肋骨的比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(33):6113-6116.
- [26] Wang XY, Zhang YS, Yuan FS, et al. *Shengwu Yixue Gongcheng Yanjiu*. 2011;30(1):49-52. 王溪原, 张远石, 苑福生, 等. 正常与病态股骨头应力松弛特性对比分析[J]. 生物医学工程研究, 2011, 30(1):49-52.
- [27] Zhang ZJ, Luo M, Li XY, et al. *Shengwu Yixue Gongcheng Yanjiu*. 2010;29(4):271-273. 张忠君, 罗民, 李新颖, 等. 压缩力学性质: 青年与老年尸体肋骨的对比[J]. 生物医学工程研究, 2010, 29(4):271-273.
- [28] Gao M, Zhang ZJ, Ma HS. *Beijing Shengwu Yixue Gongcheng*. 2010;29(5):508-510. 高明, 张忠君, 马洪顺. 老龄对腰椎松质骨冲击力学特性的影响[J]. 北京生物医学工程, 2010, 29(5):508-510.
- [29] Sun CJ, Gao M, Xu DH, et al. *Beijing Shengwu Yixue Gongcheng*. 2010;29(4):402-404. 孙长江, 高明, 许东辉, 等. 动脉粥样硬化动物模型大脑中动脉的力学特性[J]. 北京生物医学工程, 2010, 29(4):402-404.
- [30] Zhao BL, Zhang ZJ, Piao CD, et al. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu*. 2011;15(17):3085-3088. 赵宝林, 张忠君, 朴成东, 等. 骶骨S2椎弓根外进钉固定的生物力学分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(17):3085-3088.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 张翹进行实验设计, 实验实施为全体作者, 实验评估为张翹, 资料收集为张翹, 张翹成文, 张忠君审核, 张翹对文章负责。

利益冲突: 课题不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: 动物实验过程符合中华人民共和国科学技术部颁布的《关于善待实验动物的指导性意见》的规定。

本文创新性:

提供证据: 作者以“骨质疏松, 动物模型, 椎骨, 应力松弛”为关键词通过检索万方数字化期刊(1999/2010-12)中国期刊网(1999/2010-12)中国科学引文数据库(1999/2010-12)中国知网(1999/2010-12)美国生物医学文献数据库(1999/2010-12)中国生物医学光盘数据库(1999/2010-12), 最终认定具有先进性。

创新点说明: 以往去卵巢大鼠椎骨力学性能研究以三点弯曲实验居多, 实验以去卵巢骨质疏松大鼠椎骨进行应力松弛, 蠕变实验研究, 实验内容先进, 仪器设备先进。