

跆拳道对女大学生骨结构特征变化的研究

张维珂^{1*} 张皎皎² 张惠美³

1. 山东科技大学体育学院, 山东 青岛 266590

2. 泰安市妇幼保健院, 山东 泰安 271019

3. 泰安市中医院, 山东 泰安 271000

中图分类号: G812.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2015)11-1360-06

摘要: 目的 了解跆拳道训练对处于青春期及青春后期女大学生骨代谢的影响,为高校女大学生健身锻炼、改善与提高骨代谢及预防骨质疏松提供一定的理论依据。方法 运用追踪调查、文献资料、数理统计及逻辑分析等研究方法对山东科技大学劲松跆拳道俱乐部女大学生训练期间的骨结构特征随运动强度等因素变化的规律及特点进行研究,研究跆拳道运动训练对处于青春期及青春后期女大学生骨代谢的影响与骨量、骨矿生化成分及骨形成生化标志物的影响,并分析骨密度、骨形态结构变化的影响因素。结果 跆拳道训练作为对机体、肌肉与骨骼高冲击性的搏击运动形式,可以提高肌肉力量从而对骨骼产生积极的影响。结论 高抗阻、有氧耐力及振动的综合性跆拳道运动能够改善女大学生的骨代谢及提高骨密度与骨量,为运动健身指导及预防骨质疏松方面提供一定的理论帮助。

关键词: 女大学生;跆拳道;运动;骨密度;骨代谢

Research effect of Taekwondo on the change of bone structure in female college students

ZHANG Weike¹, ZHANG Jiaojiao², ZHANG Huimei³

1. PE College of Shandong University of Technology, Qingdao 266590, China

2. Tai'an Maternal and Child Health Care Hospital, Tai'an 271019, China

3. Tai'an Hospital of Traditional Chinese Medicine, Tai'an 271000, China

Corresponding author: ZHANG Weike, Email: zhwk0010122@sina.com

Abstract: Objective To understand the effect of Taekwondo exercise on bone metabolism in pubertal and post pubertal female college students, and to provide evidence for health exercise, bone metabolic improvement, and prevention of osteoporosis.

Methods The characteristics of bone structure following Taekwondo training in female students in Jinsong Taekwondo Club, Shandong University of Technology, was analyzed using follow-up study and literature screening. The effect of Taekwondo training on bone mass, bone mineral biochemical components, and biochemical markers of bone formation was studied. The influential factors of bone mineral density and bone morphology were also studied. **Results** Taekwondo training, as a sport of high resistance, endurance, and vibration, increased muscle strength, leading to a positive effect on the bone. **Conclusion** Taekwondo, as a high resistance and high vibration aerobic exercise, improves bone metabolism and bone mineral density. The results provide theoretical guidance of sports and fitness for preventing osteoporosis.

Key words: Female students; Taekwondo; Sports; Bone density; Bone metabolism

骨是人体支持结构,是完成运动的基础和前提。机体的骨骼结构特征随着人体的生长发育而产生规律性变化,女大学生处于青春发育后期,其特殊的生理结构特点,会导致骨量及骨结构成分发生特征性

变化。由于女大学生的自身机体特性加上体育活动等的介入,其体重、骨结构特征与体成分发生不同程度的改变,其中体脂成分、瘦体重比例及骨量与骨密度率的变化对女大学生健康状况有很大影响。运动对骨代谢的影响具有正反两方面的效应,即改善骨质的促进效应和破坏骨质的抑制效应^[1],其形式、强度、密度、及运动量的不同则对人体骨的影响不同,适宜负荷的运动训练对人的骨性结构有积极

基金项目: 山东省青少年教育科学规划专项课题资助研究成果 (14AJY156)

* 通讯作者: 张维珂, Email: zhwk0010122@sina.com

的影响,能够提高机体骨代谢、骨密度、骨量和预防骨质疏松。查阅资料显示运动与骨性结构变化的研究大多数是针对青春期前运动训练对骨骼生长发育及骨代谢的影响,本研究通过跆拳道训练对女大学生骨性结构变化的测试,了解其对处于青春期及青春后期女大学生骨代谢的影响与骨量、骨矿生化成分及骨形成生化标志物的影响,并解析这些因素之间的相关性,对其骨代谢水平和骨结构成分的变化特点和规律进行研究,为有效的指导高校女大学生健身锻炼、改善与提高骨代谢及预防骨质疏松提供一定的理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取山东科技大学 1-3 年级 19~22 岁健康女大学生与劲松跆拳道俱乐部女队员各 30 名为研究对象,平均体重 51.7 ± 3.6 kg,身高 161 ± 3.5 cm,两组受试学生经方差检验,在身高与体重上没有差异。受试者自愿参加测试,(测试期间排除各种疾病,及服用药物等影响骨代谢者)。跆拳道训练频次 3-4 次/周,训练时间 1.5-2h/次,对照组学生除每周 2 学时体育课外,课外活动随意参加体育锻炼,测试周期为 15 周。

1.2 研究方法

1.2.1 骨密度测定法:采用美国 Ho-logic 公司生产的(QDR-2000 型)双能 X 线骨密度测量仪,对训练组女大学生进行腰椎 L_{1-4} 、股骨颈、股骨近端、大转子等部位检测;采用美国 LUNAR 公司生产的(DPX-L 型)双能 X 线骨密度仪测全身骨密度 BMD 及骨

矿物质含量 BMC 测定。仪器自动定位、测量、存储数据。并随机测试两组学生的 BMI 指数及全身肌肉与脂肪的含量,测试误差 $<1\%$ 。试验前试验组与对照组进行相关指标检测,各指标数据无显著性差异。

1.2.2 血液测定法:试验前、中、后期分别在基础状态下抽取静脉血 5ml,进行血液总磷酸酶(血清碱性磷酸酶 ALP、血清酸性磷酸酶 ACP)和骨碱性磷酸酶 BALP、血骨钙素 BGP、血雌激素 E2 等生化指标测试。试验前两组学生各项血液指标检测无显著性差异。

1.2.3 数据处理:对试验测得数据以 SPSS13.0 统计软件进行数理统计,数据统计结果差异用 T 检验进行分析,显著差异水平为 $P < 0.05$,非常显著差异水平为 $P < 0.01$ 。

2 结果

2.1 机体各部位骨密度的变化

通过 15 周跆拳道训练,训练组女大学生腰椎 L_{1-4} 、股骨颈、股骨近端、全身的骨密度数值与对照组相比均有不同程度的提高,通过对股骨颈等部位骨密度进行测量分析表明:全身、Ward 三角、腰椎 L_{1-4} 、股骨颈与股骨近端的骨密度训练组与对照组之间为显著性差异($P < 0.05$);大转子骨密度训练组与对照组无显著差异。见表 1。研究还发现机体各部位的骨密度与运动年龄的呈正比:($r = 0.369, P < 0.001$; $r = 0.316, P < 0.001$; $r = 0.342, P < 0.001$; $r = 0.376, P < 0.01$)。

表 1 两组骨密质比较(g/cm^2)

Table 1 Comparison of BMD between the two groups (g/cm^2)

组别 Group	N	股骨颈 Femoral neck	股骨近端 Femoral neck	全身 Proximal femur	Ward 三角 Whole body	大转子 Ward Triangle	L_{1-4} Large rotor
训练组 Training group	30	$0.91 \pm 0.05^*$	$0.98 \pm 0.11^*$	$1.09 \pm 0.08^*$	$0.79 \pm 0.13^*$	0.80 ± 0.06	$1.17 \pm 0.16^*$
对照组 Control group	30	0.82 ± 0.08	0.91 ± 0.16	0.89 ± 0.12	0.72 ± 0.78	0.77 ± 0.08	0.98 ± 0.14

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

2.2 骨矿含量的变化

检测结果显示:训练组女大学生股骨颈、股骨近端、大转子、 L_{1-4} 骨矿含量值均高于对照组,为非常显著性差异($P < 0.01$)。全身骨矿含量训练组与对照组之间具有显著性差异($P < 0.05$),训练组高于对照组;训练组与对照组的三角骨矿含量没有显著性

差异,见表 2。

2.3 骨代谢标志物的变化

检测结果显示:训练组女大学生的血清碱性磷酸酶(ALP)与骨碱性磷酸酶(BALP)的活性升高,与对照组相比,差异显著($P < 0.05$);训练组血雌激素(E2)与血清骨钙素(BGP)的浓度明显高于对照组,

差异显著 ($P < 0.05$); 血清酸性磷酸酶 (ACP) 的活性, 见表 3。
性值相比, 虽然对照组要高于训练组, 但差异无显著

表 2 两组骨矿含量比较 (g)

Table 2 Comparison of bone mineral content between the two groups

组别 Group	N	全身 Whole body	股骨颈 Femoral neck	股骨近端 Proximal femur	Ward 三角 Ward Triangle	大转子 Large rotor	L ₁₋₄
训练组 Training group	30	6.12 ± 0.35 *	3.87 ± 0.28 **	3.82 ± 0.16 **	1.80 ± 0.24	10.98 ± 0.56 **	18.20 ± 0.58 **
对照组 Control group	30	5.57 ± 0.47	3.01 ± 0.19	2.87 ± 0.43	1.61 ± 0.21	9.15 ± 0.51	14.56 ± 0.22

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

表 3 骨代谢标志物的比较

Table 3 Comparison of bone metabolic markers

组别 Group	N	血清碱性磷酸酶 (U/L) (ALP)	血清酸性磷酸酶 (U/L) (ACP)	骨碱性磷酸酶 (U/L) (BALP)	血清骨钙素 (μg/L) (BGP)	雌激素 (pg/ml) (E2)
训练组 Training group	30	67.74 ± 3.14	9.46 ± 0.28	77 ± 5.56	6.59 ± 2.21	72.66 ± 5.12
对照组 Control group	30	78.16 ± 1.87 *	8.83 ± 0.25	98 ± 6.38 *	8.35 ± 2.36 *	101.25 ± 9.52 *

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

3 讨论

3.1 跆拳道对骨密度影响

骨密度是衡量骨骼健康程度的重要指标, 表示机体骨单位面积内所含矿物质量的多少。人体的骨密度与遗传有着重要关联, 是主导因素。而年龄、营养、血瘀、内分泌水平和运动等因素与骨密质也有着密切关系, 其中运动则是重要的影响因素。对运动员骨密度的定时测评, 能够有效的帮助教练员及时掌握与监控运动员在训练时骨代谢的动态变化水平。适度运动能够有效地改善锻炼者的骨密度^[2-4]。Snow-Harter^[5]研究表明, 体育锻炼在促进人体骨骼生长的同时与骨密度呈正相关。但是不同项目的运动训练强度、训练密度、动作幅度对骨密质影响不同。Ko-hrt^[6]研究报道: 低强度运动可以改善: 腰椎、骨盆、股骨骨密度。跆拳道运动由于参与肌群多、动作幅度大、收缩速度快且运动方向和方位不同, 它属于一种高冲击、高抗阻和高振动的综合运动。试验研究结果显示: 训练组腰椎 (L₁₋₄)、股骨颈、股骨近端、全身及 Ward 三角的骨密度高于对照组学生同部位的骨密度, 二者为显著性差异 ($P < 0.05$); 训练组学生的大转子骨密度虽然高于对照组但无显著性差异。其原因一是可能由于训练组腰、背部肌肉丰厚, 腰椎所受的冲击力较强; 二是对照组女学生, 每周只有 2 学时体育课, 平时课外运动

锻炼较少, 从而造成腰部、髋部肌肉活动能力产生退行性变化, 骨代谢动态失衡, 影响了骨结构的正向变化, 导致了两者的骨密度的差异。试验研究证明, 跆拳道训练使肌肉对骨组织产生机械力影响, 肌纤维发达、股骨颈等部位的生理横截面积与皮质厚度增加, 不仅提高了青春期女大学生的骨密度, 增加峰值骨量, 而且改善了骨性结构特征与骨强度; 另外腰椎、股骨、股骨颈和全身的骨密度与训练年限呈正相关; 尤其是跆拳道的高抗阻训练与负重训练对股骨颈等的骨密度影响更为显著。如强度大于最大量的 70%, 密度为 2-3 次/周的抗阻 (负重) 训练, 经过 6 周的训练会使骨密度显著提高, 如果训练强度较小则不能给肌肉足够的机械承载负荷来提升骨的代谢水平。跆拳道训练通过反复冲击负荷使骨结构维持在新的动态平衡中对骨量与骨密度的增加也产生了有益的影响; 另外振动训练会造成等动和等长肌肉力量的提高, 在提高肌肉力量的同时也会对骨骼系统产生相应的影响, 使骨密度相应提高。李军等^[7]研究证明了同类运动——柔道运动, 运动员与普通人员相比, 其骨密度有显著性提高, 进一步表明运动促进骨骼生长的作用即使在运动训练停止后仍能持续维持。由此可见, 适宜的运动负荷强度致骨性结构特征产生不同的变化, 以骨密度作为有效的骨量变化监测指标, 对运动训练具有非常重要的应用价值。但是在女大学生月经期间骨量丢失较快和骨密

度值较低,其原因可能因为训练造成女大学生性激素的改变而引起了骨密度变化。

3.2 跆拳道对骨量影响

骨矿密度(BMD)与骨矿含量(BMC)是反映骨量的两个重要指标,也是评价骨强度最常用的指标,被作为诊断骨质疏松的一项重要标准。人体的骨始终处于不断改造、形成与重建的动态平衡中,30~40岁达到峰值,骨量取决于青少年生长发育期间骨的塑造、重建及最大峰值骨量与骨的重建方式及BRC激活率^[8]。女大学生处于骨量缓慢增长期,青春期骨量积累不足会导致骨强度减弱;造成骨密质变细、变薄、骨小梁数量减少,使骨脆性增加而导致骨质疏松的发生。青春后期女大学生的骨骼尚未完全停止生长,通过跆拳道运动训练刺激,使骨骼变粗甚至有可能增长,增加了骨骼面积和体积,骨矿总量即可增加,直到达到最大峰值骨量。峰值骨量是影响骨质疏松的诱因之一,峰值骨量出现较晚或者数值较高,将来发生骨质疏松的危险性就相对较小;如果峰值骨量增加3%~5%,骨折的风险将降低20%~30%^[9]。跆拳道训练使女大学生的身体各部位脂肪百分比及瘦体重百分比发生变化,试验研究发现,上述二者与训练组女大学生的腰椎、股骨、股骨颈和全身的BMD呈中度相关,与kim等^[10]的研究结果相一致。瘦体重量是影响女大学生骨量的主要因素,青春后期的骨量并未达到峰值,跆拳道运动增加了肌肉的生理横断面,使肌肉对骨骼的牵拉张力增强,全身骨骼肌节律性的收缩,促使骨细胞的活性增强,有利于骨量的增加。另外跆拳道运动在提高运动系统能力的同时使机体各系统发生良性变化,如骨动力的标志——微循环、内分泌、激素等性能提高以及胃肠蠕动和新陈代谢加快,这些都促进了骨生长因子的分泌,推动了成骨细胞与破骨细胞的新陈代谢,骨吸收增强、骨形成增加,骨量增加;骨代谢的动态平衡,增强了骨的自然增长途径。通过15周跆拳道运动锻炼,训练组女大学生全身BMD呈现升高,骨微结构表现:骨小梁百分数、骨小梁厚度与骨小梁数量增加。试验研究结果显示:训练组女大学生股骨颈、股骨近端、大转子及腰椎L₁₋₄骨矿含量值均高于对照组,为非常显著性差异($P < 0.01$)。全身骨矿含量两组相比具有显著性差异($P < 0.05$):训练组高于对照组;Ward三角骨矿含量值对照组低于训练组,但两组相比无显著性差异。说明通过适宜的跆拳道运动锻炼能够有效地促进青春后期女大学生的骨量增加,预防骨质疏松,为日后的

骨骼健康打下良好基础,持之以恒的运动锻炼是防止运动停止后增加的骨量再度丢失的重要因素。

3.3 跆拳道对骨代谢标志物变化影响

骨代谢是骨细胞合成新骨与破骨细胞吸收旧骨的过程。ALP和BALP是反映骨形成(或者是反映成骨细胞活性增加)的重要生化标志物。ALP活性影响骨骼生长发育,ALP的活性升高促进骨基质矿化,增强骨形成。因此ALP是评价骨形成的指标之一。机体中的ALP主要来自骨骼,由成骨细胞产生,是一种结合酶,存在于机体的各个组织。青春后期女大学生骨骼系统尚在活跃期,成骨功能增强,通过跆拳道运动锻炼可促使ALP分泌量增多,使血中酶的活性升高,引起骨基质沉积率增加,骨质的再吸收加强,促进骨形成与转化。文献报道ALP会随着年龄的增长而逐渐下降。但Martinez等^[11]研究却表明运动可使ALP随年龄增长而增高。Fujimura等^[12]研究发现持续的抗阻训练,从训练开始后ALP活性呈上升状态,整个运动阶段保持显著增长,显示了抗阻训练使骨代谢平衡加深;这与我们试验研究的结果相吻合。

血清骨钙素(BGP)由成骨细胞分泌的一种活性酶,在骨代谢中起重要调节作用及维持骨矿化速率,通过骨钙素可以了解成骨细胞的活动状态。BGP也是诊断骨质疏松症的重要指标。BGP的数值随着骨更新速率的变化而不同。骨更新率越快,骨钙素值越高。Delmas等研究认为当骨形成与骨吸收偶联时,反映骨转换的指标^[13],解偶联时,反映了骨形成的指标。BGP的分泌会随年龄增长而逐渐减少,其原因是在增龄的过程中,成骨细胞的增殖能力、合成功能以及对各种生长因子、激素等因素的反应能力相应下降,另外成骨细胞向脂肪细胞的转化促使成骨细胞数量的减少,最终导致其骨形成功能的降低。Ashizawa等^[14]对初试者进行负重训练的研究发现,一次性短暂训练会使骨形成和骨吸收标志物降低,没有使BGP浓度发生明显改变。这说明前期训练会造成骨形成和骨吸收动态平衡的变化而发生短暂性降低。跆拳道运动研究表明,训练组的BGP浓度显著高于对照组,说明跆拳道运动促使了青春后期女大学生骨组织代谢旺盛,使机体骨形外径增粗、变大,骨质变厚,成骨细胞生长活跃,骨矿化速率加速,增加骨密度,有效的预防青春后期女大学生的骨质疏松症。

我们通15周的测试对比,研究发现对照组的女大学生的合成代谢激素及骨形成及骨吸收标志物有

所提高,但前、后阶段差异没有显著性意义。而训练组女大学生3周运动训练后,BALP、ALP、BGP有所提高但不显著,8周训练后,ALP、BGP水平显著提高并持续至15周呈递增水平。15周训练后,女大学生的ALP、BALP、BGP都有显著增加,并且与对照组有显著性差异($P < 0.05$)。说明运动负荷不同对骨代谢影响不同。ACP分布于骨骼中,也是衡量骨吸收的生化标志物之一,反映骨吸收的功能,在骨骼发育和形成中起重要作用。ACP增高,骨吸收会增强,此时破骨细胞活性大于成骨细胞活性,从而减少骨形成。训练组与对照组相比ACP活性低,说明跆拳道运动训练能够引起ACP活性生理性减弱,降低骨吸收而增加骨形成,对青春后期女大学生骨代谢与骨转换有帮助。Woitge^[15]等学者研究认为运动训练可导致骨吸收与骨转化的改变。

性激素属人体内分泌激素,是由内分泌细胞合成制造。具有促进青春后期女大学生性器官成熟、副性征产生等作用。通过调节蛋白质、糖和脂肪等维持代谢的动态平衡,对骨骼生长发育发挥重要的调节作用^[16]。体内性激素水平与骨密度的变化密切相关,也是体现人体运动能力的一个重要指标。目前许多研究证实了雌激素与骨密度之间的相关性,破骨细胞与成骨细胞中都含有雌激素受体。而激素受体可与激素发生特异性结合而形成激素-受体复合物调节破骨细胞成和骨细胞的功能,在骨骼发育和形成过程中发挥其生物学效应。跆拳道运动引起青春后期女大学生雌激素浓度增高,有效地抑制机体骨转换与骨量丢失,从而加速骨的纵向与横向生长,对达到峰值骨量起到重要作用^[17]。通过15周跆拳道训练试验观察,训练组女大学生7周后E2浓度升高,成骨细胞参数呈现上升的趋势,破骨细胞参数呈现先降后上升。第11周后各参数值逐渐平衡。说明骨代谢的变化机制能够通过运动导致HOP轴功能加强,增强雌激素——受体途径对骨量和骨骼微结构的影响效应^[18],从而改善激素的调控过程,对骨量的影响效应及其机制产生正相关。试验研究显示:训练组的E2浓度较高,与对照组相比差异显著($P < 0.05$)。跆拳道运动研究说明能够预防女大学生雌激素减少并改善激素调控过程,减小骨重建阈值,增加青春后期的骨量、提高骨密度和峰值骨量,对预防骨质疏松具有积极的促进作用。

4 结语

由于跆拳道属于中强度、高抗阻运动与振动运

动的综合性运动,使得E₂、BGP等因素的上升导致骨的生长增强,高钙会影响骨的内部结构构建,使骨生物力学性能均显著提高,这说明跆拳道运动在提升人体的骨矿含量的同时,使骨对刺激的载荷产生适应性应变能力,导致骨结构相应变化。跆拳道运动作为一种综合性训练,使机体的产生的生理应激对青春后期是女大学峰值骨量形成、骨骼结构及骨代谢等指标变化稳定在一个新的动态平衡中具有重要的作用。但是一方面要注意训练后的积极恢复,疲劳得到缓解及经期适度运动,可防止骨量的进一步丢失;另一方面,月经失调会使女大学生骨的适应性构筑加强而导致骨量流失、腰椎骨密度下降易造成腰椎骨折。因此,跆拳道运动不仅能够提高青春后期女大学生骨密度和骨量;同时作为一项改善女大学生骨密度的干预措施,对预防骨质疏松症有积极的促进作用。

【参 考 文 献】

- [1] 顾芳,陈晓红,郑陆.北京市女大学生骨密度及体成分变化特征的研究[J].北京体育大学学报,2011,8:57-59.
GU Fang, CHEN XIAOHONG, ZHENG LU. Study on the characteristics of bone mineral density and body composition of female college students in Beijing[J]. Journal of Beijing Sport University, 2011,8:57-59. (in Chinese)
- [2] Barenglots E I. Effect of endurance exercise on bone mass and mechanical properties in intact and ovariectomized rats[J]. J Bone Miner Res, 1993,8(8):937-942.
- [3] 福田礼香倾为.成长期扫求梦成熟初期.走卜一ニ夕夕力于·卜.骨形成忆及浮寸影响[J].体力科学,1996,45:141-110.
- [4] 福田礼香倾为.雌于·卜忆扫汁马走卜一ニ夕夕忆对寸马骨.应答过程[J].体力科学,1997,46:513-512.
- [5] Snow-Harter C, Bouxsein M L, Lewis B T, et al. Effects of resistance and endurance exercise on bone Mineral status of young women: A randomized exercise intervention trial[J]. J Bone Miner Res, 1992,7(7):61-76.
- [6] Kohrt W M. HRT preserve increase in bone mineral density and reduction in body fat after a supervised exercise program[J]. J Appl Physiol, 1998,84(5):1506-1512.
- [7] 李军,关慧,聂文良,等.青年男子柔道运动员身体骨密度调查研究[J].四川体育科技,2007,(1):42-44.
LI JUN, GUAN HUI, NIE WENLIANG, et al. Investigation on the body bone mineral density of Young Male Judo Athletes [J]. Sichuan sports science and technology, 2007, (1):42-44. (in Chinese)
- [8] 黄瑶,徐培.运动对女大学生骨密度和骨代谢的影响[J].四川体育科学,2008,3(1):29-31.
HUANG YAO, XUPEI. Effect of exercise on bone mineral density and bone metabolism of female college students [J].

- Sichuan Sports Science, 2008,3(1):29-31. (in Chinese)
- [9] 柏海平,张绍岩,胡小婧. 不同年龄段人体骨密度变化与运动的干预[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(14): 2737-2740.
- BAI Haiping, ZHANG Shaoyan, HU Xiaoqing. Bone mineral density changes and exercise intervention in different age groups [J]. Research and clinical rehabilitation of tissue engineering in China, 2007, 11(14): 2737-2740. (in Chinese)
- [10] Kim MH and Kim JS. The relationship between body composition and bone mineral density in college women [J]. Taehan Kanho Hakhoe Chi, 2006, 33(3): 312-320.
- [11] Martinez ME, del Campo MT, Medina S, et al. Influence of skeletal site of origin and donor age on osteoblastic cell growth and differentiation [J]. Calcif Tissue Int, 2007, 64(4): 280-286.
- [12] Fujimura R, Ashizawa N, Watanabe M, et al. Effect of resistance exercise training on bone formation and resorption in young male subjects assessed by biomarkers of bone metabolism [J]. J Bone Miner Res, 2008, 12(4): 656-662.
- [13] 张红品,王维群. 运动对骨代谢调节激素和生化指标的作用 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(6): 1106-1108.
- ZHANG Hongpin, WANG Weiqun. The effect of exercise on bone metabolism and biochemical parameters of bone metabolism [J]. Research and clinical rehabilitation of tissue engineering in China, 2007, 11(6): 1106-1108. (in Chinese)
- [14] Ashizawa N, Ouchi G, Fujimura R, et al. Effects of a single bout of resistance exercise on calcium and bone metabolism in untrained young males. Calcif Tissue Int, 1998, 62(2): 104-108.
- [15] Woitge HW, Friedmann B, Suttner S, et al. Changes in bone turnover induced by aerobic and anaerobic exercise in young males. J Bone Miner Res, 1998, 13(12): 1797-1804.
- [16] 梁鸿,郑陆,阎守扶,等. 运动对骨形态结构、骨密度和骨生物学特征的影响 [J]. 首都体育学院学报, 2009, 21(2): 202-204.
- LIANG HONG, ZHENG LU, YAN SHOUFU, et al. The effect of exercise on bone structure, bone mineral density and bone biomechanics [J]. Journal of Capital Institute of Physical Education, 2009, 21(2): 202-204. (in Chinese)
- [17] 戚孟春. 雌激素对骨细胞调节及分子机理 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2002, 8(3): 278-280.
- QI MENGCHUN. Estrogen regulation and molecular mechanism of bone cells [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2002, 8(3): 278-280. (in Chinese)
- [18] 高丽. 运动性动情周期抑制雌性大鼠骨变化的实验研究 [J]. 武汉体育学院学报, 2005, 39(11): 59-62.
- GAO Li. The experimental study on the inhibition of bone changes in female rats during exercise cycle [J]. Journal of Wuhan Sports Institute, 2005, 39(11): 59-62. (in Chinese)

(收稿日期: 2015-05-08)

(上接第 1356 页)

- [13] Rubin P J, Leyvraz PE, Aubaniac JM, et al. The morphology of the proximal femur. A three-dimensional radiographic analysis [J]. J Bone Joint Surg Br. 1992, 74B: 28-32.
- [14] Laine HJ, Lehto MU, Moilanen T. Diversity of proximal femoral medullary canal [J]. J Arthroplasty. 2000, 15(1): 86-92.
- [15] 单涛,刘芙蓉,王子轩. 与关节置换相关的国人髋关节结构测量. 中国组织工程研究与临床康复. 2009, 13(13): 2497-2500.
- Shan Tao, Liu Furong, Wang Zixuan. Measurement of joint replacement-associated hip joint structure [J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue ENgineering Research. 2009, 13(13): 2497-2500.
- [16] 梁捷予,李康华,廖前德,等. 股骨上段解剖测量及其临床意义 [J]. 中南大学学报(医学版). 2009, 34(8): 811-813.
- Liang Jieyu, Li Kanghua, Liao Qiande, et al. Anatomic data of the proximal femur and its clinical significance [J]. J Cent South Univ (Med Sci). 2009, 34(8): 811-813.
- [17] PI Yigang, ZHAO Yaochao, WANG Wanchun, et al. Measurement of proximal femoral morphology and analysis of 500 cases in Hunan Province [J]. Journal of Central South University. Medical Science. 2013, 38(9): 925-930.
- [18] Panichkul P, Pinsornsak P. Radiographic measurement to restore femoral head center in hip arthroplasty [J]. J Med Assoc Thai. 2012, 95 Suppl 10: S32-6.
- [19] Unnanuntana A, Toogood P, Hart D, et al. The evaluation of two references for restoring proximal femoral anatomy during total hip arthroplasty [J]. Clin Anat. 2010, 23(3): 312-8.
- [20] Murtha PE, Hafez MA, Jaramaz B, et al. Variations in acetabular anatomy with reference to total hip replacement. J Bone Joint Surg Br. 2008, 90(3): 308-313.
- [21] Babisch JW, Layher F, Amiot LP. The rationale for tilt-adjust edacetabularcup navigation [J]. J Bone Joint Surg Am. 2008, 90(2): 357-365.

(收稿日期: 2014-12-02)