

· 论 著 ·

军事训练对青年男性军人股骨近端几何结构的影响

秦茵^{1*} 高爽² 李平¹ 吴基伟¹ 张长龙¹ 胡志宏¹

1. 南京军区福州总医院中医理疗科, 福建 福州 350025

2. 解放军第三〇九医院, 北京 100091

中图分类号: R455 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2016) 06-0663-05

摘要: 目的 通过比较军人与非军人青年男性骨密度和髋关节几何结构的异同, 探讨运动对处于骨量缓慢增长期的青年男性骨密度及骨力学结构的影响。方法 回顾性纳入符合研究条件的 60 名青年男性军人和 60 名普通青年男性作为受试者。采用美国 HOLOGIC 双能 X 线骨密度仪 (Dual energy X-ray absorptiometry, DXA) 对受试者的腰椎和左髋关节骨密度进行检测, 在分析骨密度的同时, 利用髋关节结构分析 (Hip strength analysis, HSA) 软件在 DXA 扫描图像基础上得出股骨近端几何力学参数。结果 军人组腰椎总体 BMD、股骨颈 BMD 较普通青年对照组分别增加 2.97% 和 6.45%, 但两组腰椎骨密度差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 两组间股骨颈骨密度差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 股骨颈几何力学参数比较结果显示: 军人组 FN-CSA、FN-CT 大于普通青年对照组 ($P < 0.05$), 而 FN-BR 明显低于普通青年对照组 ($P < 0.01$), 差异均有统计学意义, 两组 CSMI、SM 相关参数间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。结论 运动可提高骨量缓慢增长期的骨密度值, 同时可改善股骨近端骨几何结构, 提高骨强度。即骨量增加与髋关节结构重塑同步, 共同提高髋部骨强度。

关键词: 军人; 骨密度; 骨几何结构; 运动

Effect of military training on bone geometry of the proximal femur in young military males

QIN Yin¹, GAO Shuang², LI Ping¹, WU Jiwei¹, ZHANG Changlong¹, HU Zhihong¹

1. Department of Physiotherapy, Fuzhou General Hospital of Nanjing Military Command Region, Fuzhou 350025, China

2. 309th Hospital of PLA, Beijing 100091, China

Corresponding author: QIN Yin, Email: Q301304@163.com

Abstract: Objective To investigate the effect of exercise on bone mineral density (BMD) and hip bone geometry in mild growth stage of males by comparing the difference of BMD and geometry of the hip between military and non-military young males.

Methods Sixty military and 60 non-military young males were included in this retrospective study. BMD of the lumbar spine (L1-L4) and the left femoral neck was measured with dual energy X-ray absorptiometry (DXA). Hip structural analysis was performed using a hip strength analysis software (HSA) on the DXA scans. **Results** The BMD of the total lumbar spine and the femoral neck in military group increased by 2.97% and 6.45%, respectively, comparing to those in non-military group. The difference of BMD was not statistically significant in the lumbar spine ($P > 0.05$), but was statistically significant in the femoral neck between the two groups ($P < 0.05$). The comparison results of femoral neck geometric parameters showed that FN-CSA and FN-CT in the military group were larger than those in the non-military group ($P < 0.05$), but FN-BR was significantly lower than that in the non-military group ($P < 0.01$). CSMI and SM showed no significant difference between the two groups ($P > 0.05$).

Conclusion Exercise improves bone strength by increasing BMD and improving bone geometry of the proximal femur. Increased bone mass and hip bone geometry structure remodeling together improve the bone strength.

Key words: Military; Bone mineral density; Bone geometry; Exercise

近年来采用双能 X 线骨密度仪 (DXA) 的骨强度分析 (hip structural analysis, HAS) 软件能获得除骨密度之外的髋部骨几何参数。研究证实, 髋部骨几何结构联合骨密度提高了髋部骨折风险的预测能

力^[2-6]。现阶段对骨密度的研究多集中在快速增长期和衰老下降期, 得出的结果也较为一致, 即运动有利于骨矿物质的沉淀, 增加骨量峰值和延缓骨矿物质的丢失速率^[7-9]。但是对于处于 20~30 岁缓慢增长期和骨量峰值前期的特殊年龄阶段的关注程度相

*通讯作者: 秦茵, Email: Q301304@163.com

对较少,结论也不完全一致^[10]。本研究对福州地区某陆军部队中 20~30 岁的青年男性军人与同龄普通青年男性的腰椎和髋关节骨密度和股骨近端几何结构进行测量分析,探索军事训练对骨量缓慢增长长期的青年男性骨密度和股骨近端几何结构的作用和影响,以期有效改善骨强度、预防骨质疏松起到积极作用。

1 材料和方法

1.1 研究对象

本研究按照入选标准纳入 20~30 岁的 60 名青年男性军人和 60 名普通男性为研究对象,其中军人在部队进行系统、规律的体能训练(包括长跑、跳跃运动等其他项目),准确测量并记录每位受检者的身高、体重并计算体质量指数(body mass index, BMI)。通过问卷调查按如下标准纳入受试对象。入选标准如下:①无肿瘤、结核、转移瘤及放化疗史等;②无内分泌、与骨代谢相关的病变(如酒精中毒、甲亢、Paget 病、风湿性关节炎、糖尿病、严重慢性肺肝肾病等相关疾病);③无由大脑动脉血管相关疾病引起的严重后遗症;④近六个月内未曾服用过影响骨代谢的药物;⑤无明显创伤性病史;⑥无骨密度检查禁忌症(如近日未行消化道钡餐及同位素检查)。

1.2 研究方法

腰椎和髋关节骨密度测定。测试方法:对每个受检者进行年龄、身高、体重及运动情况进行调查后,使用美国 HOLOGIC Discovery A 双能 X 线骨密度仪对军人与普通男性进行腰椎与髋关节骨密度测试,两组中髋关节骨密度测试统一选定为左侧髋关节;并使用双能 X 线骨密度仪自带软件 HSA 对股骨近端几何结构进行分析。扫描条件:电压 140 kV,电流 2.5 mA,扫描长度 16 cm,扫描宽度 11 cm,扫描时间约 16 s。测试指标包括:骨矿密度(bone mineral density, BMD)、T 值、股骨颈(femoral neck, FN)几何参数。其中股骨颈几何参数主要有:横截面积(cross-sectional area, CSA)、横截面转动惯量即截面力矩(cross-sectional moment of inertia, CSMI)、截面系数(section modulus, SM)、皮质厚度(cortical thickness, CT)、曲率(buckling ratio, BR)。

1.3 统计学处理

所有数据采用 SPSS18.0 统计软件进行处理,计量资料的数据以($\bar{x} \pm s$)表示,两样本间差异检验采用独立样本 *t* 检验进行分析,方差不齐采用 *t'* 检验; $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 军人组与非军人组基线资料

军人组与非军人对照组的年龄、体重、身高、BMI 的差异均无统计学意义($P > 0.05$)(见表 1)。

表 1 军人组与非军人组临床资料比较

Table 1 Comparison of the clinical data between military group and non-military group

组别	例数	年龄/y	身高/cm	体重/kg	BMI/(kg/m ²)
军人组	60	25.73 ± 2.76	173.57 ± 7.70	70.67 ± 9.71	22.65 ± 4.23
非军人组	60	25.90 ± 2.69	175.77 ± 6.43	75.73 ± 13.64	24.78 ± 4.24

2.2 军人组与非军人组骨密度及股骨颈几何学参数

2.2.1 不同部位 BMD:军人组腰椎(L₁₋₄)总体、髋部股骨颈 BMD 较普通青年对照组分别增加 2.97% 和 6.45%,但两组腰椎骨密度差异无统计学意义($P > 0.05$),两组间股骨颈骨密度差异有统计学意义

($P < 0.05$)(见表 2)。

2.2.2 髋部股骨近端几何结构参数:股骨颈骨几何力学参数比较结果显示:军人组 FN-CSA、FN-CT 大于普通青年对照组,而 FN-BR 明显低于普通青年对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),其余两组相关参数间差异均无统计学意义(表 2)。

表 2 军人组与非军人组腰椎和股骨颈骨密度、股骨颈几何学参数的比较

Table 2 Comparison of BMD of the lumbar spine and the femoral neck and the femoral neck geometric parameters between military group and non-military group

组别	骨密度(BMD)			股骨颈(FN)几何学参数			
	腰椎 (g/cm ²)	股骨颈 (g/cm ²)	CSA (cm ²)	CSMI (cm ⁴)	SM (cm ³)	CT (cm)	BR
军人组	1.01 ± 0.12	0.93 ± 0.12 ^a	3.90 ± 0.52 ^a	3.79 ± 1.03	1.98 ± 0.40	0.22 ± 0.03 ^a	8.89 ± 1.73 ^b

非军人组 0.98 ± 0.12 0.87 ± 0.14^a 3.66 ± 0.61^a 3.98 ± 0.98 1.98 ± 0.42 0.21 ± 0.03^a 10.07 ± 2.16^b

注: BMD: 骨矿密度; CSA: 截面积; CSMI: 截面力矩; SM: 截面模量; CT: 皮质厚度; BR: 屈曲应力比; $^a P < 0.05$; $^b P < 0.01$ 。

2.2.3 两组骨量分布情况:表 3 统计发现两组骨质疏松人数所占的比例相同(均有 3 例);军人组 61.67% 属于骨量正常, 33.33% 属于骨量减少;非军人组 45% 属于骨量正常, 50% 属于骨量减少。军人组骨量正常者明显高于普通青年组。

表 3 军人组与非军人组 T 值分布

Table 3 Distribution of T-score in the military group and non-military group

组别	例数	≥ -1.0		$-1.0 \sim -2.5$		≤ -2.5	
		例数	百分比	例数	百分比	例数	百分比
军人组	60	37	61.67	20	33.33	3	5
非军人组	60	27	45	30	50	3	5

3 讨论

骨密度可直接反映骨量情况及骨骼健康状况, 人类骨量随年龄增长大体可以分为 6 个时期^[11,12], 20 岁以前属于骨量增长期, 儿童及青少年时期获得尽可能高的骨量储存, 对提高峰值骨量具有重要作用。该阶段增加运动量或体力活动是促进骨骼发育、提高峰值骨量的一种有效措施^[13-16]。20~30 岁属于骨量缓慢增长期, 骨量仍在缓慢增加, 年增长率为 0.5%~1%。到一定年龄时峰值骨量达到最高水平, 即峰值骨量。峰值骨量增加 3%~5%, 骨折危险性可降低 20%~30%^[10]。男性腰椎、股骨颈及全身骨密度在 30 岁左右达到最高^[17]。Recker 等^[19]通过跟踪 156 名健康女大学生证明脊椎及全身骨量在 30 岁时仍可增加, 可见, 骨量缓慢增长期是可能提高骨量峰值的最后时机。骨密度主要与遗传、营养状况、内分泌因素、运动等相关, 运动是重要的外部影响因素。承重训练及肌肉强化锻炼可改善骨强度、提高身体协调性及平衡能力, 被推荐用于预防骨质疏松^[18]。Bassey 等^[20]发现 6 个月强冲击力训练后, 年轻女性股骨颈的骨密度显著高于低冲击力组。Marrissa Martyn-St James^[21]在对不同形式的高冲击力训练进行荟萃分析后发现: 高冲击力训练只对骨盆 BMD 的提升有很好的效果。一纳入 43 个随机对照试验的 meta 分析表明锻炼可预防绝经后妇女的骨量流失及骨折, 非承重的高冲击性运动对提高股骨颈 BMD 是最有效的运动方式, 而承重运动与冲击性运动相结合的混合性运动锻炼对改善腰椎 BMD 最为有效^[22]。军人日常训练规律、承重训练及冲击性运动均有涉及, 本研究结果显示军人腰椎

及股骨颈骨密度都较普通青年男性高, 但股骨颈骨密度差异具有统计学意义($P < 0.05$), 可见运动可提高缓慢增长期人群的骨密度, 与上述研究结果相似。腰椎骨密度变化比股骨颈骨密度小可能是由于军人训练科目中冲击性运动比负重性运动多所致。冲击力运动时体重对下肢骨纵向机械刺激应力作用较大, 同时骨骼肌在不断收缩, 肌肉不断牵拉刺激骨, 其刺激效果增加也很明显。此外, 冲击力运动时下肢骨受到较强的地面反作用力, 在垂直面上, 骨所承受的载荷与其他运动相比明显要大, 下肢髌关节骨密度变化则明显于腰椎。骨骼会对机械负荷产生的适应性变化, Frost^[23]研究表明随着压力增加骨生长也增加, 而达到某一峰值后若负荷再增加, 则骨生长反而减少。军人组腰椎及股骨颈骨密度均呈升高趋势, 虽然腰椎骨密度增加无统计学意义, 但可推断军人组训练科目的运动量在合理范围内, 没有因过度训练出现骨密度下降。

骨强度取决于骨量与骨质量, 骨质量则包括骨结构、骨材料性能等。双能 X 线骨密度检测的同时可利用髌关节生物力学分析系统(HSA)进一步评估髌关节骨几何力学特征。研究认为骨密度结合髌关节几何力学参数可提高预测髌部骨折风险的能力^[24]。股骨颈几何结构主要有以下五个参数, ①横截面积(cross-sectional area, cCSA): 表征抵抗轴向压缩的指标(单位为 cm^2); ②横截面转动惯量即截面力矩(cross-sectional moment of inertia, CSMI): 表征骨刚度的几何学指数(单位为 $(\text{cm}^2)^2$); ③截面系数(section modulus, SM): 是力学上衡量管状物的抵抗弯曲载荷的指标(单位为 cm^3); ④皮质厚度(cortical thickness, CT)(单位为 cm): 反映骨皮质厚薄; ⑤曲率(bending ratio, BR): 力学上衡量管状物皱折强度, 是骨骼几何结构的不稳定性的体现。CSA 是反映骨骼抵抗轴向压缩的指标, CSA 值越大则骨骼机械强度越高。与普通青年相比, 运动训练在提高股骨颈骨密度的同时, CSA 增大, 说明运动增强了股骨颈抵抗轴向压缩的能力, 股骨强度增高。CSMI 反映骨骼的弯曲强度, CSMI 值越大则骨骼抗弯曲强度越大。SM 和 BR 是力学上衡量管状物的抗弯曲和皱折强度的指标。SM 值越大, 强度越高, 而 BR 越大, 则稳定性越低, 在外力作用下越易折断。即 CSA(横截面积)、CSMI(横截面转动惯量)、SM(截面系数)、CT(皮质厚度)越大, BR(曲率)越

小,骨质量越高。骨骼对应力的适应过程,不仅能提高骨密度,还能改善骨骼几何结构进而提高骨强度^[25]。Gnudi 等^[26]研究发现髌部骨折患者髌部几何力学参数 CSA、CSMI、SM、ACT 降低而 BR 增高;Lacroix 等^[27]发现 BR 是独立预测髌部骨折的风险因子,BR 可作为骨密度和临床风险因素之外的另一预测髌部骨折风险的指标。但本研究中两组间 CSMI、SM 值无明显差异,但军人组 CSA、CT 与普通青年组相比得以提高,BR 亦显著低于普通青年组,即军人组股骨颈骨皮质增厚的同时伴随着轴向抗压及抗弯曲能力的增强。可见,运动使军人组骨几何结构部分参数得以改善。军人与普通青年男性骨密度差异有统计学意义的原因主要在于军人通常进行较系统且适量的军事训练,增加了骨量储备。因此,坚持适当的运动锻炼能使全身骨骼肌收缩,增强肌肉对骨骼的压力、挤压力,提高机体骨密度及骨几何结构等指标。在骨量缓慢增长长期加强运动锻炼可进一步加强骨量储备,提高骨骼健康状况。疲劳型应力性骨折患者骨密度显著降低^[29],对部队官兵进行骨密度检测及骨几何结构分析也是对其骨量健康状况的测评,可为军事训练项目及运动负荷的选择、训练计划的安排等提供科学指导。尤其是对训练负荷较大的人入伍新兵,监测其骨密度及骨结构变化,调整训练强度、训练时间,科学避免和预防应力性骨折的发生。

【参 考 文 献】

- [1] 马俊岭,郭海英,阳晓东. 骨质疏松症的流行病学概况[J]. 中国全科医学, 2009, 12(18): 1744-1746.
Ma JL, Guo HY, Yang XD. Epidemiology of Primary Osteoporosis [J]. Chinese General Practice, 2009, 12(18): 1744-1746.
- [2] 黄际远,宋文忠,史克俭,等. 成都地区健康人群髌部骨密度及几何参数变化的初步研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2012, 18(9): 798-802.
Huang JY, Song WZ, Shi KJ, et al. The preliminary study of bone mineral density and geometry parameters of the hip in healthy people in Chengdu. Chinese Journal of Osteoporosis, 2012, 18(9): 798-802.
- [3] Zhang H, Hu Y Q, Zhang Z L. Age trends for hip geometry in Chinese men and women and the association with femoral neck fracture [J]. Osteoporos Int, 2011, 22(9): 2513-2522.
- [4] Leslie W D, Pahlavan P S, Tsang J F, et al. Prediction of hip and other osteoporotic fractures from hip geometry in a large clinical cohort [J]. Osteoporos Int, 2009, 20(10): 1767-1774.
- [5] 李冠武,常时新,薛峰,等. DXA 髌结构分析参数预测髌部脆性骨折的价值. 福建武夷山: 2014; 601-602.
Li GW, Chang SX, Xue F, et al. Prediction of the hip osteoporotic fractures from the hip structure analysis using dual energy X-ray absorptiometry, Fu jian-Wu Yi-shan, 2014: 601 - 602.
- [6] 徐铮,孙君雷,许忠,等. DXA 髌结构分析参数预测髌部脆性骨折的价值[J]. 中国骨质疏松杂志, 2014, (4): 360-365, 371.
Xu Z, Sun JL, Xu Z, et al. Prediction of the hip osteoporotic fractures from the hip structure analysis using dual energy X-ray absorptiometry [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2014, (4): 360-365, 371.
- [7] 李萍,孙平辉,孙茹. 长期运动训练对男大学生身体各部位骨密度的影响[J]. 吉林大学学报(医学版), 2005, 31(4): 634-635.
Li P, Sun PH, Sun R. Effects of long-term training on bone mineral density at different parts of male college students [J]. Journal of Jilin University (Medicine Edition), 2005, 31(4): 634-635.
- [8] 杨路昕,郭郡浩,蔡辉. 运动干预原发性骨质疏松症:不同运动方式、强度及频率对骨密度的影响[J]. 中国组织工程研究, 2014, (38): 6200-6204.
Yang LX, Guo JH, Cai H. Exercise for primary osteoporosis: effects of different exercise pattern, intensity and frequency on bone mineral density [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2014, (38): 6200-6204.
- [9] 黄何平,宁亮生,温志宏. 跟骨骨密度及骨强度与运动的关系[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, (46): 9134-9137.
Huang HP, Ning LS, Wen ZH. Correlation of bone density and bone strength with exercises [J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research, 2008, (46): 9134-9137.
- [10] 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 HP, Zhang SY, Hu XJ. Bone density change and exercise interference in different groups [J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research, 2007, 11(14): 2737-2740.
- [11] 刘忠厚主编. 骨质疏松研究与防治 文集[M]. 北京: 化学工业出版社, 1994.
Liu ZH, Osteoporosis research and prevention [M]. Bei jing: Chemical Industry Press, 1994.
- [12] 张林,杨锡让. 人体骨量变化研究发展[J]. 体育与科学, 1999, (2): 7-10.
Zhang L, Yang XR, A survey of studies of the change in human bone mass [J]. Sports & Science, 1999, (2): 7-10.
- [13] Janz K F, Burns T L, Torner J C, et al. Physical activity and bone measures in young children: the Iowa bone development study [J]. Pediatrics, 2001, 107(6): 1387-1393.
- [14] 曾捷. 跳跃运动对青少年跟骨骨密度与体质影响的实验研究[D]. 华东师范大学, 2013.
Zeng J: The experimental study of jumping exercise on calcaneus bone mineral density and physique of adolescent [D]. East China Normal University, 2013.

(下转第 705 页)

- [11] 刘国霞,武岐山,钱毅. OPG RANKL 在 2 型糖尿病大鼠血清龈沟液中的表达[J]. 长治医学院学报, 2012, 26(1): 6-9.
Liu GX, Wu QS, Qian Y. Expression of OPG RANKL in serum gingiva groove liquid of Type 2 diabetic rats. Journal of Changzhi Medical College, 2012, 26(1): 6-9.
- [12] Kim W, Egan JM. The role of incretins in glucose homeostasis and diabetes treatment [J]. Pharmacological reviews. 2008, 60(4): 470-512.
- [13] Beck-Nielsen H. Glucagon-like peptide 1 analogues in the treatment of type 2 diabetes mellitus [J]. Ugeskr Laeger. 2012, 174(23): 1606-1608.
- [14] Ceccarelli E, Guarino EG, Merlotti D, et al. Beyond glycemic control in diabetes mellitus: effects of incretin-based therapies on bone metabolism [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2013, 4: 73.
- [15] Su B, Sheng H, Zhang M, et al. Risk of bone fractures associated with glucagon-like peptide-1 receptor agonists treatment: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Endocrine. 2015, 48(1): 107-115.

(收稿日期: 2015-12-14, 修回日期: 2016-01-11)

(上接第 666 页)

- [15] 徐逊欢. 城市儿童青少年骨密度发育特征及影响因素研究 [D]. 首都体育学院, 2015.
Xu XH. A survey of bone mass density and its correlates of Chinese youth [D]. Capital University of Physical Education and Sports. 2015.
- [16] 崔霞, 秦林林, 颜珏. 运动对骨密度峰值形成的影响 [J]. 实用放射学杂志, 2006, (09): 1094-1096.
Cui X, Qing LL, Yan J. The Effect of Physical Exercise on the Formation of Peak Bone Density [J]. Journal of Practical Radiology, 2006, (09): 1094-1096.
- [17] Cheng Q, Zhu Y X, Zhang M X, et al. Age and sex effects on the association between body composition and bone mineral density in healthy Chinese men and women [J]. Menopause, 2012, 19(4): 448-455.
- [18] Kling J M, Clarke B L, Sandhu N P. Osteoporosis prevention, screening, and treatment: a review [J]. J Womens Health (Larchmt), 2014, 23(7): 563-572.
- [19] Recker R R, Davies K M, Hinders S M, et al. Bone gain in young adult women [J]. JAMA, 1992, 268(17): 2403-2408.
- [20] Bassey E J, Ramsdale S J. Increase in femoral bone density in young women following high-impact exercise [J]. Osteoporos Int, 1994, 4(2): 72-75.
- [21] Martyn-St J M, Carroll S. Effects of different impact exercise modalities on bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis [J]. J Bone Miner Metab, 2010, 28(3): 251-267.
- [22] Howe T E, Shea B, Dawson L J, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2011, (7): D333.
- [23] Frost H M. Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff's law: the bone modeling problem [J]. Anat Rec, 1990, 226(4): 403-413.
- [24] Anitha D, Kim K J, Lim S K, et al. Comparison of Buckling Ratio and Finite Element Analysis of Femoral Necks in Postmenopausal Women [J]. J Menopausal Med, 2014, 20(2): 52-56.
- [25] Fricke O, Schoenau E. The 'Functional Muscle-Bone Unit': probing the relevance of mechanical signals for bone development in children and adolescents [J]. Growth Horm IGF Res, 2007, 17(1): 1-9.
- [26] Gnudi S, Sitta E, Fiumi N. Bone density and geometry in assessing hip fracture risk in post-menopausal women [J]. Br J Radiol, 2007, 80(959): 893-897.
- [27] LaCroix A Z, Beck T J, Cauley J A, et al. Hip structural geometry and incidence of hip fracture in postmenopausal women: what does it add to conventional bone mineral density? [J]. Osteoporos Int, 2010, 21(6): 919-929.
- [28] LaCroix A Z, Beck T J, Cauley J A, et al. Hip structural geometry and incidence of hip fracture in postmenopausal women: what does it add to conventional bone mineral density? [J]. Osteoporos Int, 2010, 21(6): 919-929.
- [29] 吴家昌, 杨华, 韦葛堇, 等. 西南地区全训部队应力性骨折患者骨密度分析 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2014, (05): 535-537.
Wu JC, Yang H, Wei GJ, et al. Analysis of the bone mineral density in patients with stress fractures after training in southwestern area [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2014, (05): 535-537.

(收稿日期: 2015-09-24, 修回日期: 2015-11-12)