· 论著 ·

2 型糖尿病患者骨密度与身体成分关系的研究

石晓琦 赵丹 凌琰 赵镇 叶新华 成金罗*
南京医科大学附属常州市第二人民医院内分泌科,江苏 常州 213000

中图分类号: R587.1, R68 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-7108(2020) 02-0251-04

摘要: **目的** 分析不同性别中老年 2 型糖尿病患者骨密度与身体成分的关系。**方法** 纳入 2017 年 1 月至 2018 年 7 月在南京医科大学附属常州市第二人民医院内分泌科治疗的 657 例 2 型糖尿病患者,年龄 50~80 岁,其中男性 351 例,女性 306 例。记录受试者的糖尿病病程、身高、体重、体质量指数(body mass index, BMI),检测血脂(TC、TG、HDL、LDL)、糖化血红蛋白(HbA1c)。采用双能 X 线骨密度仪测定受试者腰椎($L_{1\sim4}$)、股骨颈(Neck)、大转子(Troch)和 Ward 三角(Wards)的骨密度(bone mineral density, BMD)。采用生物电阻抗法测定体脂率(PBF)、去脂体重(FFM)、肌肉量(SLM)、骨骼肌含量(SMM)及骨骼肌质量指数(SMI),并进行统计学分析。**结果** 男性 2 型糖尿病患者的 FFM、SLM、SMM、SMI、腰椎 $L_{1\sim4}$、股骨颈、大转子和 Ward 三角的 BMD 均显著高于女性 2 型糖尿病患者($P<0.001$),而体脂率明显低于女性($P<0.001$);按性别分组,男性、女性的 BMI、FFM、SLM、SMM、SMI 与各部位的 BMD 均呈显著正相关($P<0.01$)。其中,反映骨骼肌肉含量的指标如 FFM、SLM、SMM、SMI 与 BMD 的相关性高于反映脂肪含量的指标 PBF;多元线性回归显示,骨密度随着年龄增长呈下降趋势。身体成分中,SLM 对各部位 BMD 无明显影响,PBF、FFM、SMM、SMI 对各部位 BMD 的影响不同。**结论** 骨骼肌肉含量及体脂率对 2 型糖尿病患者骨密度有重要影响,糖尿病患者需重视体成分对骨质疏松的影响,应加强锻炼,合理控制体脂率。

关键词: 2 型糖尿病;骨密度;身体成分

The relationship between bone mineral density and body composition in patients with type 2 diabetes

SHI Xiaoqi, ZHAO Dan, LING Yan, ZHAO Zhen, YE Xinhua, CHENG Jinluo*
Department of Endocrinology and Metabolism, Changzhou No. 2 People's Hospital Affiliated with Nanjing Medical University, Changzhou 213000, China
* Corresponding author: CHENG Jinluo, Email: chengjinluo567@sina.com

Abstract: **Objective** To investigate the relationship between bone mineral density and body composition in patients with type 2 diabetes. **Methods** 657 patients with type 2 diabetes treated in the Changzhou No. 2 People's Hospital from January 2017 to July 2018 were enrolled in this study. Patients aged 50 to 80 years, including 351 males and 306 females. The duration of diabetes, height, weight, body mass index (BMI), blood lipids (TC, TG, HDL and LDL) and glycosylated hemoglobin (HbA1c) were measured. BMD of the lumbar spine ($L_{1\text{-}4}$), femoral neck, trochanter and Ward's triangle were measured using dual-energy X-ray absorptiometry. Percent body fat (PBF), Fat free mass (FFM), Soft lean mass (SLM), Skeletal muscle mass (SMM) and Skeletal muscle index (SMI) were measured by Bioelectrical impedance analysis. The above indicators were statistically analyzed. **Results** Compared with females with type 2 diabetes, males with type 2 diabetes had lower PBF ($P<0.001$), but higher FFM, SLM, SMM, SMI and BMD at lumbar spine ($L_{1\text{-}4}$), femoral neck, trochanter and Ward's triangle ($P<0.001$). BMD was positively correlated with BMI, FFM, SLM, SMM and SMI both in male group and female group ($P<0.01$). Indicators reflecting skeletal muscle mass had higher correlation than those reflecting fat content. Multiple linear regression analysis showed that the bone mineral density of different regions decreased with the increase of age, while SLM had no effect on BMD. Body composition index measured including PBF, FFM, SMM and SMI had different influence on BMD. **Conclusion** Skeletal muscle mass and percent body fat were closely correlated with BMD in patients with type 2 diabetes. Diabetic patients should emphasize the impact of body composition on osteoporosis by doing more exercise and control percent body fat.

Key words: type 2 diabetes; bone mineral density; body composition

* 通信作者: ,成金罗,Email: chengjinluo567@sina.com

研究显示,我国 40 岁以上人群中,约有 1.4 亿人患有骨质疏松症,发病率约为 24.62%[1]。2 型糖尿病与骨质疏松症为常见的两类慢性疾病,糖代谢与骨代谢间的关系一直是研究热点。高糖状态可影响成骨细胞和破骨细胞的活性[2]。近来不少研究[3]表明,身体成分的变化与骨质疏松有关。本文通过扩大样本量,分析不同性别 2 型糖尿病患者体脂率、肌肉量、骨骼肌量、骨骼肌质量指数等身体成分对骨密度的影响,旨在进一步科学、合理地预防及指导糖尿病性骨质疏松的治疗。

1 对象和方法

1.1 对象

选取 2017 年 1 月至 2018 年 7 月在南京医科大学附属常州市第二人民医院内分泌科住院的 2 型糖尿病患者 657 例,其中男性 351 例,女性 306 例,女性均为绝经后女性,年龄 50~80 岁,所有纳入对象均符合 1999 年 WHO 对糖尿病的诊断标准。所有受试者均排除肿瘤、感染、自身免疫性疾病、其他腺体等影响体内激素水平及骨代谢的相关疾病,排除长期服用钙剂、患有骨质增生的患者。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集:记录每位患者的年龄、糖尿病病程、身高、体重并计算体质量指数(body mass index, BMI)。

1.2.2 生化指标检测:采用高效液相法测定糖化血红蛋白(HbA1c);采用酶促法测定血脂,包括胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)。

1.2.3 骨密度测定:采用美国 HOLOGIC 公司生产的双能 X 线骨密度测量仪,分别测定受试者腰椎($L_{1\sim4}$)、股骨颈(Neck)、大转子(Troch)和 Ward 三角(Wards)的骨密度(g/cm^2)。每次测量前均进行体模测试。

1.2.4 身体成分测定:使用人体成分分析仪(Inbody 770)测定体脂率(PBF)、去脂体重(FFM)、肌肉量(SLM)、骨骼肌含量(SMM)及骨骼肌质量指数(SMI)。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析:计量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)进行统计描述;采用独立样本 t 检验比较两组各指标的差异;为消除年龄和 BMI 对不同部位骨密度的影响,采用协方差分析,将年龄和 BMI 作为协变量比较不同性别骨密度的差异;相关分析采用 Pearson 相关和线性回归分析。以 $P<0.05$ 时为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同性别患者基本资料比较

由表 1 可见,男性 2 型糖尿病患者的 FFM、SLM、SMM、SMI、腰椎 $L_{1\sim4}$、股骨颈、大转子和 Ward 三角的 BMD 均显著高于女性 2 型糖尿病患者($P<0.001$),而 PBF 明显低于女性($P<0.001$)。两组患者病程、BMI、HbA1c、TG 均无统计学意义($P>0.05$)。

表 1 不同性别患者基本资料比较($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Comparison of basic data between male and female groups ($\bar{x}\pm s$)

项目	男性(n=351)	女性(n=306)	合计(n=657)	统计量	P 值
年龄/岁	59.32±6.57	60.62±6.51	59.93±6.57	−2.545	0.011
病程/年	7.26±4.22	7.53±4.38	7.38±4.30	−0.784	0.433
HbA1c/%	9.34±1.73	9.50±1.83	9.41±1.78	−1.118	0.264
身高/cm	169.28±4.90	157.09±5.05	163.60±7.86	31.352	<0.001
体重/kg	73.25±9.96	63.57±9.46	68.74±10.86	12.720	<0.001
BMI/(kg/m^2)	25.55±3.22	25.75±3.53	25.64±3.37	−0.754	0.451
TC/(mmol/L)	4.39±0.93	4.72±1.02	4.54±0.97	−4.262	<0.001
TG/(mmol/L)	1.95±1.59	1.88±1.22	1.92±1.43	0.638	0.524
HDL/(mmol/L)	1.07±0.29	1.19±0.29	1.13±0.30	−4.906	<0.001
LDL/(mmol/L)	2.41±0.72	2.57±0.78	2.49±0.75	−2.643	0.008
PBF/%	26.84±5.77	35.95±6.03	31.08±7.44	−19.768	<0.001
FFM/kg	53.21±5.44	40.30±4.08	47.20±8.06	34.661	<0.001
SLM/kg	50.26±5.12	37.97±3.86	44.54±7.65	34.995	<0.001
SMM/kg	29.45±3.26	21.65±2.41	25.82±4.85	35.131	<0.001
SMI/(kg/m^2)	7.77±0.65	6.43±0.61	7.15±0.92	26.951	<0.001
腰椎 $L_{1\sim4}$/(g/cm^2)	1.02±0.15	0.91±0.14	0.97±0.16	93.144*	<0.001
大转子/(g/cm^2)	0.72±0.10	0.64±0.10	0.68±0.11	111.907*	<0.001
股骨颈/(g/cm^2)	0.81±0.13	0.72±0.12	0.77±0.13	115.691*	<0.001
Ward 三角/(g/cm^2)	0.58±0.15	0.53±0.15	0.56±0.15	18.810*	<0.001

注:* 采用协方差分析,调整年龄和 BMI 后所得 F 值。

2.2　不同部位骨密度与各影响因素的相关性

Pearson 相关分析显示,年龄、病程与女性各部位的骨密度呈负相关($P<0.05$)。无论男性、女性,BMI、FFM、SLM、SMM、SMI 与各部位的骨密度呈显著正相关($P<0.01$)。其中,反映骨骼肌肉含量的指标如 FFM、SLM、SMM、SMI 与 BMD 的相关性高于反映脂肪含量的指标 PBF。详见表 2。

表 2　不同部位骨密度与各影响因素的相关性

Table 2　The correlation between bone mineral density of different regions and predictor variables

项目	腰椎 $L_{1\sim4}$		大转子		股骨颈		Ward 三角	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性
年龄/岁	0.077	−0.329**	−0.004	−0.303**	−0.124*	−0.452**	−0.205**	−0.514**
病程/年	0.110*	−0.150**	0.110*	−0.155**	0.087	−0.170**	0.038	−0.187**
HbA1c/%	−0.038	0.039	0.031	−0.021	0.028	0.065	0.027	0.042
BMI/(kg/m²)	0.288**	0.236**	0.334**	0.344**	0.327**	0.269**	0.248**	0.148**
TC/(mmol/L)	−0.063	0.062	−0.082	0.053	−0.059	−0.027	−0.013	−0.036
TG/(mmol/L)	0.003	0.130*	0.045	0.073	0.069	0.005	0.095	−0.044
HDL/(mmol/L)	−0.167**	−0.089	−0.130*	−0.083	−0.142**	−0.088	−0.149**	−0.063
LDL/(mmol/L)	−0.040	0.047	−0.071	0.066	−0.041	−0.015	−0.028	−0.005
PBF/%	0.218**	0.113*	0.193**	0.190**	0.172**	0.130*	0.096	0.004
FFM/kg	0.261**	0.300**	0.342**	0.353**	0.386**	0.401**	0.352**	0.298**
SLM/kg	0.265**	0.306**	0.346**	0.359**	0.387**	0.404**	0.354**	0.302**
SMM/kg	0.264**	0.315**	0.347**	0.376**	0.392**	0.419**	0.363**	0.317**
SMI/(kg/m²)	0.307**	0.323**	0.389**	0.418**	0.395**	0.380**	0.354**	0.302**

注:* $P<0.05$;** $P<0.01$。

2.3　不同部位骨密度与相关因素的多元回归分析

以不同部位的 BMD 为因变量,选择年龄、病程、HbA1c、血脂、PBF、FFM、SLM、SMM、SMI 为自变量进行多元线性回归分析,结果显示性别、HbA1c、BMI、血脂与 BMD 无明显相关性,而年龄是影响 BMD 的主要因素,随着年龄增长,骨密度呈下降趋势。在身体成分中,SLM 对各部位 BMD 无明显影响;PBF 影响腰椎 $L_{1\sim4}$、股骨颈、Ward 三角的 BMD 影响;FFM 影响腰椎 $L_{1\sim4}$、大转子的 BMD,SMM 影响大转子、股骨颈、Ward 三角的 BMD,SMI 影响大转子和 Ward 三角的 BMD。详见表 3。

表 3　不同部位骨密度与相关因素的多元回归分析

Table 3　The multiple regression analysis between BMD and predictor variables

项目	腰椎 $L_{1\sim4}$		大转子		股骨颈		Ward 三角	
	回归系数	*P* 值	回归系数	*P* 值	回归系数	*P* 值	回归系数	*P* 值
年龄/岁	−0.002	0.045	−0.001	0.029	−0.004	<0.001	−0.007	<0.001
性别	−0.007	0.762	0.001	0.908	0.001	0.956	0.071	0.001
病程/年	0.001	0.278	0.001	0.166	0.001	0.307	0.000	0.793
HbA1c/%	0.003	0.298	0.004	0.055	0.006	0.011	0.007	0.035
BMI/(kg/m²)	−0.013	0.090	−0.005	0.334	−0.010	0.084	−0.014	0.052
TC/(mmol/L)	0.008	0.481	0.002	0.833	0.003	0.767	0.008	0.479
TG/(mmol/L)	−0.005	0.328	−0.003	0.397	−0.007	0.078	−0.010	0.033
HDL/(mmol/L)	−0.040	0.091	−0.008	0.609	−0.015	0.417	−0.037	0.098
LDL/(mmol/L)	−0.010	0.431	−0.006	0.474	−0.012	0.215	−0.016	0.188
PBF/%	−0.007	0.016	0.004	0.070	0.006	0.005	0.006	0.037
FFM/kg	−0.148	0.009	−0.082	0.029	−0.019	0.662	−0.077	0.148
SLM/kg	0.154	0.019	0.067	0.123	−0.001	0.977	0.053	0.391
SMM/kg	0.011	0.675	0.034	0.049	0.043	0.031	0.052	0.035
SMI/(kg/m²)	0.071	0.070	0.058	0.026	0.057	0.058	0.079	0.032

3 讨论

骨质疏松症的特征是骨量降低和骨组织微结构破坏,骨质疏松症增加骨折发生率,增加致残、致死率[4]。人体成分主要由骨骼、肌肉组织和脂肪组织构成。近年来,反映身体成分的指标对骨密度的影响逐渐受到重视。在本项研究中,男性 2 型糖尿病患者的 FFM、SLM、SMM、SMI、腰椎 $L_{1\sim4}$、股骨颈、大转子和 Ward 三角的 BMD 均显著高于女性 2 型糖尿病患者,而 PBF 明显低于女性。笔者分析出现这一结果的原因是选择的女性群体为绝经后女性,由于其体内雌激素水平下降,骨骼肌流失加速所致[5]。低 BMI 在许多研究中证实是骨折的一个独立危险因素,本研究中,不论男、女组别,BMI 与 BMD 呈正相关关系,体现了体重为 BMD 的保护因素。但最近有研究发现解剖因素、不同性别会影响 BMI 与骨折的相关性,Johansson[6]等的研究显示 BMI 降低是造成女性总体及髋部骨折的重要因素之一,但 BMI 增高却是股骨及小腿发生骨折的危险因素。

此外,本研究显示,不同部位 BMD 与 FFM、SLM、SMM 及 SMI 呈显著正相关,且反映骨骼肌肉含量的指标如 FFM、SLM、SMM、SMI 与 BMD 的相关系数大于反映脂肪含量的指标 PBF,这提示对于糖尿病患者而言,相比脂肪组织,骨骼肌肉对骨量的影响更为显著,这同 Park 等[7]提出的肌力决定骨量的观点是一致的。

肌肉是去脂体重 FFM 中的主要组分。Shao[8]等指出去脂体重的增加使得骨的力学负荷增加,进一步使骨量增加。进一步采用线性回归分析发现,SLM 对各部位 BMD 无明显影响,FFM 对各部位的骨密度影响不同,出现这样的结论差异,笔者猜测是因为选取研究对象的人群特点不同,存在混杂因素以及样本量较小造成的。

骨骼肌质量指数 SMI 即四肢骨骼肌量与身高平方的比值,可以较客观的评价骨骼肌含量,是评估肌肉减少症的重要指标之一[9]。Srikanthan[10]指出骨骼肌质量指数与胰岛素抵抗呈正相关,2 型糖尿病主要特征为胰岛素抵抗,主要表现为外周器官尤其是骨骼肌组织对葡萄糖的摄取减少及利用率下降。研究表明,骨骼肌主要通过收缩产生的运动负荷影响骨骼,骨骼丢失可导致 BMD 下降[11-12]。

骨密度与身体成分构成的关系仍未完全阐明,目前有如下机制:①体重增加会增大对骨的机械应力,使得骨形成增加;②肌肉收缩对骨会产生局部压力、刺激骨细胞发展、增加骨形成;③较高的体脂含量可促使雄激素向雌激素转变而抑制骨吸收,延缓骨密度的下降。体脂含量增加往往和体重增加相联系,脂肪可能在雄性激素向雌激素的转变过程中起重要的外在作用[13]。

本次研究结果表明身体成分中,体脂率、去脂体重、骨骼肌量、骨骼肌质量指数对中老年 2 型糖尿病患者骨密度有重要影响。为更好地预防骨质疏松,一方面,可以通过适当运动来增加骨骼肌量,提高骨强度,同时增加肌肉质量,提高肌肉力量;另一方面,需合理控制体脂率来增加骨密度。本研究的不足之处在于为回顾性研究,纳入对象有年龄、病程等条件限制,未来仍需进一步扩大样本量探讨两者的相关性,而且在后续报道中可以进一步采用 CT 或者 MRI 测量内脏或者皮下脂肪含量,通过和生物电阻抗法对比,找寻更加适合评估糖尿病患者骨密度与身体成分关系的方法。

【参考文献】

[1] 张智海, 张智若, 刘忠厚, 等. 中国大陆地区以-2.0SD 为诊断标准的骨质疏松症发病率回顾性研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2016,22(1):1-8.

[2] Palermo A, D'Onofrio L, Buzzetti R, et al. Pathophysiology of bone fragility in patients with diabetes[J]. Calcif Tissue Int, 2017,100(2):122-132.

[3] He H, Liu Y, Tian Q, et al. Relationship of sarcopenia and body composition with osteoporosis[J]. Osteoporosis International, 2016,27(2):473-482.

[4] 王颖, 宋永丽, 孟丽苹, 等. 齐齐哈尔市 1836 名体检成年人骨骼肌量及其与年龄的关联研究[J]. 中华预防医学杂志, 2016,50(3):235-238.

[5] Zhao C, Li J, Cheng M, et al. Estrogen maintains skeletal muscle in septic rats associated with altering hypothalamic inflammation and neuropeptides[J]. Horm Metab Res, 2017,49(3):221-228.

[6] Johansson H, Kanis JA, Oden A, et al. A meta-analysis of the association of fracture risk and body mass index in women[J]. J Bone Miner Res, 2014,29(1):223-233.

[7] Park J, Song Y, Sung J, et al. The association between fat and lean mass and bone mineral density: The Healthy Twin Study[J]. Bone, 2012,50(4):1006-1011.

[8] Shao HD, Li GW, Liu Y, et al. Contributions of fat mass and fat distribution to hip bone strength in healthy postmenopausal Chinese women[J]. Journal of Bone and Mineral Metabolism, 2015,33(5):507-515.

[9] Dawson-Hughes B, Bischoff-Ferrari H. Considerations concerning the definition of sarcopenia[J]. Osteoporosis International, 2016,27(11):3139-3144.

(下转第 259 页)

(2): 434.

[8] Uehara T, Tabuchi M, Mori E. Risk factors for occlusive lesions of intracranial arteries in stroke-free Japanese [J]. European Journal of Neurology, 2015,12(3): 218-222.

[9] Uehara T, Ohara T, Minematsu K, et al. Predictors of Stroke Events in Patients with Transient Ischemic Attack Attributable to Intracranial Stenotic Lesions [J]. Internal Medicine, 2018,57(3): 295-300.

[10] Mcfarlane SI, Muniyappa R, Shin JJ, et al. Osteoporosis and cardiovascular disease: brittle bones and boned arteries, is there a link? [J]. Endocrine, 2004,23(1): 1-10.

[11] Zhang N, Zhang Y, Lin J, et al.Low-density lipoprotein receptor deficiency impaired mice osteoblastogenesis in vitro [J]. Bioscience Trends, 2018,11(6): 658.

[12] Nuttall ME, Patton AJ, Olivera DL, et al. Human trabecular bone cells are able to express both osteoblastic and adipocytic phenotype: implications for osteopenic disorders [J]. Journal of Bone & Mineral Research, 2010,13(3): 371-382.

[13] Biscetti F, Straface G, Giovannini S, et al. Association between TNFRSF11B gene polymorphisms and history of ischemic stroke in Italian diabetic patients [J]. Human Genetics, 2013,132(1): 49-55.

[14] Pfeilschifter J, Koditz R, Pfohl M, et al. Changes in proinflammatory cytokine activity after menopause [J]. Endocrine Reviews, 2002,23(1): 90-119.

[15] Hamilton CJ, Reid LS, Jamal SA. Organic nitrates for osteoporosis: an update [J]. Bonekey Reports, 2013, 2(185): 259.

[16] Jovanovich A, Isakova T, Block G, et al. Deoxycholic Acid, a Metabolite of Circulating Bile Acids, and Coronary Artery Vascular Calcification in CKD [J]. American Journal of Kidney Diseases, 2018,71(1):27-34.

[17] Yildirir A. Postmenopausal hormone replacement therapy and the cardiovascular system [J]. Turk Kardiyol Dern Ars, 2010,38(Suppl 1): 32-40.

[18] Manson JE, Allison MA, Rossouw JE. Estrogen Therapy and Coronary-Artery Calcification [J]. N Engl J Med, 2007,46(6): 1253-1254.

[19] Ruan L, Wei C, Srinivasan SR, et al. Relation of serum phosphorus levels to carotid intima-media thickness in asymptomatic young adults (from the bogalusa heart study) [J]. American Journal of Cardiology, 2010,106(6): 793-797.

(收稿日期: 2018-11-16;修回日期: 2019-02-20)

(上接第 250 页)

[12] Brown AE, Walker M. Genetics of Insulin Resistance and the Metabolic Syndrome[J]. Curr Cardiol Rep, 2016, 18(8): 75.

[13] Nath A, Molnar MA, Csighy A, et al. Biological activities of lactose-based prebiotics and symbiosis with probiotics on controlling osteoporosis, blood-lipid and glucose levels [J]. Medicina (Kaunas), 2018,54(6): E98.

[14] Nandipati KC, Subramanian S, Agrawal DK. Protein kinases: mechanisms and downstream targets in inflammation-mediated obesity and insulin resistance [J]. Mol Cell Biochem, 2017, 426(1-2): 27-45.

[15] 孔德策, 杨铁毅, 邵进. 绝经后骨质疏松骨代谢标志物研究进展[J]. 国际骨科学杂志, 2016, 37(1): 36-41.

[16] 付晓宁, 胡朝晖. 骨代谢生化指标对于骨质疏松症诊断与治疗的临床意义[J].中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(9): 1003-1005.

[17] 丁瑞, 阳毅, 侯俊霞, 等.骨形成指标 PINP 与骨吸收指标 β-CTX 在 2 型糖尿病合并骨质疏松中作用的研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(3): 318-321.

[18] 黄莹芝, 叶山东.糖尿病性骨质疏松的相关危险因素研究进展[J].中国骨质疏松杂志, 2016, 22(5): 647-651.

(收稿日期: 2018-12-07;修回日期: 2019-01-03)

(上接第 254 页)

[10] Srikanthan P, Karlamangla AS. Relative muscle mass is inversely associated with insulin resistance and prediabetes. findings from the third national health and nutrition examination survey [J]. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2011,96(9):2898-2903.

[11] Leenders M, Verdijk LB, van der Hoeven L, et al. Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging[J]. J Am Med Dir Assoc, 2013,14(8):585-592.

[12] Bayramoglu M, Sozay S, Karatas M, et al. Relationships between muscle strength and bone mineral density of three body regions in sedentary postmenopausal women[J]. Rheumatol Int, 2005,25(7):513-517.

[13] Govindarajan P, Schlewitz G, Schliefke N, et al. Implications of combined ovariectomy/multi-deficiency diet on rat bone with age-related variation in bone parameters and bone loss at multiple skeletal sites by DEXA[J]. Med Sci Monit Basic Res, 2013,19: 76-86.

(收稿日期: 2019-03-05;修回日期: 2019-04-02)