

· 临床研究 ·

不同运动方式对维持性血液透析患者骨密度的影响

王文娟 蒋霞*

南通市第二人民医院肾内科,江苏 南通 226002

中图分类号: R459.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2021) 08-1183-05

摘要: **目的** 探讨维持性血液透析患者骨质疏松危险因素及不同运动方式干预后骨密度的变化。**方法** 选取血液透析中心 236 例维持性血液透析患者并收集相关临床资料,将患者按照是否合并骨质疏松分为两组,对骨质疏松发生的危险因素进行单因素分析,对经单因素分析有显著差异的危险因素作二元 Logistic 回归分析;然后从中选取 108 例研究对象按年龄、性别随机分为 4 组:对照组(A 组)、有氧运动联合抗阻运动组(B 组)、有氧运动组(C 组)及抗阻运动组(D 组),每组各 27 例,研究观察 24 周,分别在干预前及 24 周末比较 4 组的骨密度。**结果** 骨质疏松组女性比例、年龄、透析月龄、血磷、甲状旁腺素水平均高于非骨质疏松组($P<0.05$),血红蛋白低于非骨质疏松组($P<0.05$),性别、年龄、PTH 是维持性血液透析患者骨质疏松的危险因素($P<0.05$)。A 组、B 组、C 组、D 组在运动干预前骨密度两两比较差异无统计学意义($P>0.05$);运动干预 24 周后,与 A 组相比较,B 组、C 组、D 组骨密度差异均有统计学意义($P<0.05$);B 组、D 组骨密度在运动 24 周末较运动前比较差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 性别、年龄、PTH 是维持性血液透析患者骨质疏松的危险因素。有氧联合抗阻运动改善骨密度方面效果更理想,而抗阻运动优于有氧运动;坚持长久持续的康复运动更能有效地改善血液透析患者的骨质疏松问题。

关键词: 血液透析;有氧运动;抗阻运动;骨质疏松;骨密度

Effect of different exercise modes on bone mineral density in maintenance hemodialysis patients

WANG Wenjuan, JIANG Xia*

Department of Nephrology Medicine, the Second People's Hospital of Nantong, Nantong 226002, China

* Corresponding author: JIANG Xia, Email: jiangxia1976@sohu.com

Abstract: **Objective** To explore the risk factors of osteoporosis in maintenance hemodialysis patients, and to observe the changes of bone mineral density (BMD) after intervention with different exercise method. **Methods** The relevant clinical data of 236 maintenance hemodialysis patients in the hemodialysis center of our hospital were collected. The patients were divided into two groups according to whether or not combined with osteoporosis. The risk factors of osteoporosis were analyzed with single factor analysis. Binary logistic regression analysis were performed on risk factors which were significantly different in single factor analysis. One hundred and eight research subjects were selected and randomly divided into four groups according to age and gender, control group (group A), aerobic exercise combined resistance exercise group (group B), aerobic exercise group (group C), and resistance exercise group (group D), with 27 cases in each group. The study lasted for 24 weeks. BMD was compared among the four groups before and after 24-week intervention. **Results** The proportion of women, age, month of dialysis, blood phosphorus, and parathyroid hormone in the osteoporosis group were higher, and hemoglobin was lower than those in the non-osteoporosis group ($P<0.05$). Gender, age, and PTH were risk factors for osteoporosis in patients with maintenance hemodialysis ($P<0.05$). There was no significant difference in BMD among group A, group B, group C, and group D before exercise intervention ($P>0.05$). After 24 weeks of exercise intervention, BMD was statistically significant in groups B, C, and D, compared to that in group A ($P<0.05$). BMD in group B and group D at the end of 24 weeks of exercise was significantly different compared to that before exercise ($P<0.05$). **Conclusion** Gender, age, and PTH are risk factors for osteoporosis in maintenance hemodialysis patients. Aerobic exercise combined with resistance exercise is more effective than pure aerobic exercise or resistance exercise in improving BMD. Resistance exercise is better than aerobic exercise. Long-term continuous rehabilitation exercise effectively relieves osteoporosis in hemodialysis patients.

基金项目: 南通市市级科技计划项目 (MSZ20100)

* 通信作者: 蒋霞, Email: jiangxia1976@sohu.com

Key words: hemodialysis; aerobic exercise; resistance exercise; osteoporosis; bone mineral density

维持性血液透析 (maintenance hemodialysis, HD) 是终末期肾脏病 (end stage renal disease, ESRD) 患者肾脏替代治疗方法之一^[1]。随着医疗技术水平的不断提高, HD 患者的预期寿命逐渐延长, 但生活质量下降却日益突出, 其中慢性肾脏病矿物质和骨代谢异常 (abnormal mineral and bone metabolism in chronic kidney disease, CKD-MBD) 是最重要的并发症之一^[2-3]; 骨代谢异常可引起或加重不同程度的骨质疏松 (osteoporosis, OP), 出现全身关节疼痛不适, 大大增加了发生骨折的风险, 据美国肾脏病数据库系统显示, 与普通入相比, 透析患者髌部骨折风险高 7.5~13.6 倍^[4-5]。给患者、家庭及社会带来沉重的心理压力和经济损失。美国肾脏病与透析患者生存质量指南建议“鼓励所有透析患者增加体力活动”。许多研究表明, 运动康复 (exercise rehabilitation, ER) 可以增加骨密度 (bone mineral density, BMD), 改善骨代谢, 从而提高生活质量, 降低死亡风险^[6]; 同时运动相对于长期血液透析患者较为安全, 运动诱发的心脑血管事件的发生很少报道^[7]。所以康复运动作为骨质疏松预防和治疗的的重要手段已越来越受到医务人员的关注。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究选取 2019 年 3~6 月我院血液净化中心 236 例维持性血液透析患者进行相关临床资料收集, 并将患者是否合并骨质疏松分为骨质疏松组和非骨质疏松组, 然后对骨质疏松发生的危险因素进行单因素分析, 对经单因素分析有显著差异的危险因素作二元 Logistic 回归分析; 然后按入选和排除标准从中选取透析患者 108 例, 年龄 27~79 岁, 男性 66 例, 女性 42 例。根据性别、年龄分层随机数字表法分为 4 组, 对照组 (A 组)、有氧运动联合抗阻运动组 (B 组)、有氧运动组 (C 组) 及抗阻运动组 (D 组)。

1.2 入选、排除标准及退出标准

入选标准: (1) 纳入研究对象均符合终末期肾病诊断, 18 周岁 < 年龄 < 80 周岁, 病情平稳; (2) 规律血液透析持续 6 个月以上, 每周 3 次; (3) 无关节活动障碍者, 所有患者均签署知情同意书; (4) 根据病情暂不口服钙剂、活性维生素 D 等调节钙磷代谢药物干预治疗; (5) 采用费森尤斯血液透析机, 高通量透析器, 血流量 180~250 mL/min, 透析液流量 500

mL/min。排除标准: (1) 近 3 个月内有手术、外伤、骨折史, 有甲状旁腺手术史; (2) 有影响骨代谢的慢性疾病或其他骨骼疾病者; (3) 长期糖皮质激素和抗癫痫药物史; (4) 存在增加死亡风险因素: 有心脑血管病变病史, 如近 3 个月严重脑梗、脑出血, 严重心律失常、冠心病, 难以控制的高血压患者。退出标准: (1) 运动干预期间出现严重并发症, 如心绞痛、心肌梗死、心衰、心律失常等心血管疾病, 如脑梗死、脑出血等脑血管疾病, 如骨折、肌肉损伤等肢体障碍; (2) 新发现重大疾病, 不能继续运动干预, 如肿瘤或需外科手术治疗等; (3) 出现严重低钙血症、高磷血症或高 PTH, 饮食控制或更改透析方案无效, 需药物干预治疗; (4) 死亡, 或退出透析, 或转出我院血液透析中心。

1.3 方法

对纳入研究对象进行健康宣教、药物指导及运动辅导, 运动干预连续观察 24 周, 分别在干预前及 24 周后进行全面评估; 维持性血液透析方案: 使用德国费森尤斯 4008B 型血液透析机, 透析器为德郎 B-16H (聚醚砜膜 1.6 m²)、日本 NIPRO FB-15U (醋酸纤维素膜 1.5 m²), 透析液流量 500 mL/min; 血液透析每周 3 次, 每次 4 h; 一般血流量维持在 180~250 mL/min。

运动组开始正规的运动训练, 床边使用德国 RECK Motomed viva2 上下肢康复训练器, 运动训练安排在血液透析前 2 h, 一周 3 次, 每次持续 20~40 min; 有氧运动组阻力参数设置为 0~1 (阻力 1 相当于 1 N/m), 时间持续 40 min; 抗阻运动组阻力参数设置为 3~6, 时间持续 20 min; 有氧运动联合抗阻运动组共 40 min, 前 20 min 阻力参数设置为 0~1, 后 20 min 阻力参数设置为 3~6; 根据患者自身状态设置康复训练器参数, 运动选择中等强度, 即达到最大心率的 60%~70% (患者运动期间佩戴运动手环监测心率变化)。

采血前禁食 10 h, 于次日早晨透析前安静状态下抽取静脉血。采用血常规管、生化管分别抽取血液 2.0 mL 送检。其中包括血钙 (mmol/L)、血磷 (mmol/L)、PTH (pg/mL)、白蛋白 (g/L)、血红蛋白 (g/L) 等指标。骨密度测定采用双能 X 线吸收骨密度仪测定腰 1~4 骨密度。

1.4 统计学处理

全部数据分析采用统计软件 SPSS 20.0 进行, 计量资料以均数±标准误表示, 数据的比较采用 *t* 检验,

多组间数据的比较采用方差分析;采用二元 Logistic 回归分析模型进行危险因素的多因素分析。所有的假设检验均以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本信息比较

表 1 骨质疏松组与非骨质疏松组的一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between osteoporosis group and non osteoporosis group

组别	年龄/岁	性别/[女, n(%)]	透析时间/月	体重指数/(kg/m ²)	透析 spkt/V
骨质疏松组 (n=83)	63.48±1.47	53(63.86)	93.59±6.68	22.43±0.50	1.265±0.030
非骨质疏松组 (n=153)	52.20±1.16	60(39.22)	73.72±4.16	22.41±0.50	1.219±0.024
χ^2/t 值	6.028	13.091 ^a	2.652	0.022	1.167
P 值	<0.001	<0.001	0.009	0.982	0.246

注:a 表示 χ^2 值。

骨质疏松组较非骨质疏松组,血磷和甲状旁腺素水平升高,血红蛋白水平下降,比较差异有统计学意义

236 例维持性血液透析患者中骨质疏松组 83 例,发生率为 35.17%。骨质疏松组较非骨质疏松组,女性较为多见,且年龄较大,透析月龄较长,差异有统计学意义 ($P < 0.01$),体重指数、透析充分性比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$),详见表 1。

($P < 0.05$),两组血钙、白蛋白比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$),详见表 2。

表 2 骨质疏松组与非骨质疏松组的生化指标比较

Table 2 Comparison of biochemical indexes between osteoporosis group and non osteoporosis group

组别	血红蛋白/(g/L)	白蛋白/(g/L)	血钙/(mmol/L)	血磷/(mmol/L)	PTH/(pg/mL)
骨质疏松组 (n=83)	94.35±1.48	39.48±0.35	2.27±0.03	1.93±0.05	353.94±14.02
非骨质疏松组 (n=153)	98.44±1.20	40.00±0.33	2.24±0.02	1.81±0.03	275.71±11.62
χ^2/t 值	2.094	1.052	0.905	2.468	4.149
P 值	0.037	0.295	0.357	0.014	<0.001

维持性血液透析患者骨质疏松危险因素的 Logistic 回归分析。将维持性血液透析患者骨质疏松有显著相关性的因素性别、年龄、透析月龄、血红蛋白、血磷、甲状旁腺素纳入二元 Logistic 回归模型分析,以性别、年龄、透析月龄、血红蛋白、血磷、甲状旁腺素为自变量,骨质疏松为因变量,性别、年龄、PTH 变量差异有统计学意义 ($P < 0.05$),是维持性血液透析患者骨质疏松的独立危险因素。详见表 3。

2.2 运动干预前后骨密度比较

4 组在性别、年龄、透析时间、体重指数、血红蛋白、spkt/V 两两比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$);与 B 组相比,D 组的白蛋白差异有统计学意义 ($P <$

0.05),说明基线资料不齐,用协方差分析进行组间临床指标的比较。在运动干预中及干预后没有发生严重心脑血管事件及骨骼肌肉损伤。108 例研究对象均无中途退出情况发生。详见表 4。

表 3 多因素回归分析

Table 3 Multivariate regression analysis

变量	回归系数	OR 值	95% CI	P 值
性别/女	0.960	2.612	1.428~4.776	0.002
年龄	0.050	1.051	1.019~1.084	0.001
血红蛋白	-0.019	0.981	0.961~1.002	0.080
透析时间/月	0.004	1.004	0.998~1.009	0.201
血磷/(mmol/L)	0.422	1.525	0.668~3.481	0.316
PTH/(pg/mL)	0.004	1.004	1.002~1.006	0.001

运动干预 24 周后与对照组比较,运动组均能有

表 4 4 组研究对象的一般资料

Table 4 General information of the four groups

组别	年龄/岁	性别/[男, n(%)]	透析时间/月	体重指数/(kg/m ²)	血红蛋白/(g/L)	白蛋白/(g/L)	透析 spkt/V	PTH/(pg/mL)
A 组 (n=27)	55.56±2.26	16(59.3)	58.815±5.901	23.005±0.818	100.260±3.232	39.237±0.440	1.234±0.042	270.41±24.65
B 组 (n=27)	56.19±2.00	16(59.3)	62.889±6.203	21.876±0.658	97.350±3.622	38.811±0.430	1.231±0.037	262.95±28.56
C 组 (n=27)	59.81±2.22	17(63.0)	60.963±5.568	21.742±0.771	103.400±2.631	40.207±0.500	1.247±0.028	270.07±27.07
D 组 (n=27)	54.78±1.89	17(63.0)	61.407±5.172	23.047±0.631	95.850±3.100	40.937±0.466	1.238±0.045	283.83±22.21
P 值	0.342	0.984	0.967	0.400	0.342	0.006	0.992	0.951

效提高骨密度,比较差异有统计学意义($P<0.05$),其中有氧联合抗阻运动、抗阻运动组效果更明显($P<0.01$)。同时测得骨密度变化值均超过最小有意义变化值(LSC)。详见表 5。

表 5 4 组运动干预 24 周后与运动前腰椎 L1-L4 骨密度比较(g/cm^2)

Table 5 Comparison of BMD after 24 weeks of exercise intervention and before exercise of four groups(g/cm^2)

组别	运动前	24 周后	P 值
A 组($n=27$)	1.044±0.046	1.062±0.037	0.766
B 组($n=27$)	1.048±0.034	1.223±0.014**▲▲	<0.001
C 组($n=27$)	1.106±0.037	1.134±0.022*	0.509
D 组($n=27$)	1.061±0.042	1.161±0.021**▲	0.039

注:与 A 组比较,* $P<0.05$,** $P<0.01$;与同组运动前比较,▲ $P<0.05$,▲▲ $P<0.01$ 。

3 讨论

本研究选取血液净化中心 236 例维持性血液透析患者,骨质疏松发生率为 35.17%,其中在性别、年龄、透析月龄、血红蛋白、血磷、甲状旁腺素方面,骨质疏松组和非骨质疏松组有显著差异。血液透析患者中女性较男性更易发生骨质疏松,考虑可能与激素水平下降有关,雌激素能够通过调节成骨细胞和破骨细胞表面的雌激素受体进而参与骨代谢活动^[8]。雌激素水平降低可激活破骨信号通路,促进骨吸收,使得骨密度下降,最终导致骨质疏松症的发生^[9]。年龄也是骨质疏松发生的危险因素^[10],这是国际公认的,可能和老年患者活动量减少,营养摄入减少,性激素水平下降及钙调节激素分泌异常有关,与 Malluche 等^[11]研究相一致。本研究还发现 PTH 升高亦与血液透析患者发生骨质疏松密切相关^[12-13],血液透析患者甲状旁腺素水平的增加影响成骨细胞的活性和钙磷的代谢^[14],使得骨质疏松发生率增加。

本研究给予运动干预后发现,运动组骨密度均较前上升,目前较多的临床和动物实验研究均证实了长期有氧运动及抗阻运动能改善骨生物力学,有效减少骨量流失,有利于骨密度和骨形成的提高。Taewoong 等^[15]研究发现,运动组的腰椎骨密度、左右股骨颈骨密度均较非运动组有所增加。本研究主要采用坐位,下肢踩踏康复训练器进行运动,可明显提高髌部骨密度,同时应用自身重力、腰部平衡力产生的刺激亦能促进腰椎等部位骨形成,还能调节全是机体内分泌系统,提高机体雌激素的水平,起到预防及治疗骨质疏松的作用^[16]。有氧运动联合抗阻

运动组在骨密度改善更明显,费加明等^[17]研究发现,有氧运动组经过运动后骨密度未出现显著提高,但混合练习组经过运动后骨密度出现显著提高。在运动时间方面,研究发现骨密度随着时间延长逐渐上升,可见尽管运动可有效调节血液透析患者骨密度,但要发生明显的效果,需要长期及有效的联合运动。同时长期过度训练后亦可引起骨量丢失速度的提高,从而破坏了骨代谢平衡,造成破骨细胞的活性大大增加,成骨细胞活性相应减弱^[18]。对于 HD 患者避免运动引起的骨质损害等并发症,多项研究均建议中等强度的运动^[19]。Alghadir 等^[20]也发现中等强度有氧运动可通过调节参与骨基质生物合成的体内微量元素来保护骨和软骨,并通过所提出的抗自由基机制抑制骨吸收过程。

综上所述,运动对维持性血液透析患者的骨密度影响是复杂的、多变的,不同运动持续时间和运动强度以及运动方式均会产生不同的效益。适合的运动对血液透析患者是有益的,需在今后的工作中推而广之。本研究因样本量不足,患者的骨密度及各项血液检测指标的统计分析更易受误差影响,今后在条件允许时扩大足够样本量,提高研究质量,为临床上血液透析患者运动康复提供更严谨更科学的参考依据。

【参 考 文 献】

- [1] 何联义,唐喜宁,卢凤华,等.不同透析方案对终末期肾病患者生活质量的影响[J].山东医药,2016,56(10):76-77.
- [2] Isakova T, Nickolas TL, Denburg M, et al. KDOQI US commentary on the 2017 KDIGO clinical practice guideline update for the diagnosis, evaluation, prevention, and treatment of chronic kidney disease-mineral and bone disorder (CKD-MBD)[J]. Am J Kidney Dis, 2017, 70(6):737-751.
- [3] 杨雨润,王闯,陈瀛,等.老年骨质疏松合并终末期肾病髌部骨折患者的临床特点及管理[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(8):1040-1043,1059.
- [4] 李深,俞国旭,张改华,等.维持性血液透析患者发生骨折与骨矿物质代谢紊乱的关系[J].中国血液净化,2014,13(7):510-514.
- [5] Wakasugi M, Kazama JJ, Narita I. High rates of death and hospitalization follow bone fracture among hemodialysis patients[J]. Kidney Int, 2014, 86(3):649.
- [6] Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases[J]. Scand J Med Sci Sports, 2015, 25(Suppl 3):1-72.
- [7] Barcellos FC, Santos IS, Umpierre D, et al. Effects of exercise in the whole spectrum of chronic kidney disease: a systematic review[J]. Clin Kidney J, 2015, 8(6):753-765.

(下转第 1200 页)

- 松症 34 例[J].陕西中医,2006,27(8):954-956.
- [4] Yang JX, Xie P, Li YS, et al. Osteoclast-derived miR-23a-5p-containing exosomes inhibit osteogenic differentiation by regulating Runx2[J]. Cellular Signalling, 2020, 70:109504.
- [5] Gao Y, Xiao F, Wang C, et al. Long noncoding RNA MALAT1 promotes osterix expression to regulate osteogenic differentiation by targeting miRNA-143 in human bone marrow-derived mesenchymal stem cells[J]. Journal of Cellular Biochemistry, 2018, 119(8):6986-6996.
- [6] Fu X, Li Y, Huang T, et al. Runx2/Osterix and zinc uptake synergize to orchestrate osteogenic differentiation and citrate containing bone apatite formation[J]. Advanced science, 2018, 5(4):1700755.
- [7] Wang H, Li YK, Cui M, et al. Effect of lncRNA AK125437 on postmenopausal osteoporosis rats via MAPK pathway[J]. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 2020, 24(5):2173-2180.
- [8] 王斌,罗毅文,黄永铨,等.补肾活血汤促骨折端间充质干细胞体外迁移及 CCR2 表达的研究[J].中国中医骨伤科杂志, 2015, 23(8):1-5.
- [9] 王斌,胡年宏,罗毅文.从中医“肾主骨”“髓生骨”理论出发防治骨质疏松[J].辽宁中医药大学学报,2008, 1(3):3-4.
- [10] 黄宏兴,吴青,李跃华,等.肌肉、骨骼与骨质疏松专家共识[J].中国骨质疏松杂志,2016,22(10):1221-1229,1236.
- [11] Zhang Y, Jiang Y, Luo Y, et al. Interference of miR-212 and miR-384 promotes osteogenic differentiation via targeting RUNX2 in osteoporosis[J]. Experimental and Molecular Pathology, 2020, 113:104366.
- [12] Park JH, Son YJ, Lee CH, et al. Circaea mollis Siebold & Zucc. Alleviates postmenopausal osteoporosis in a mouse model via the BMP-2/4/Runx2 pathway[J]. BMC Complementary Medicine and Therapies, 2020, 20(1):123.
- [13] Huang Y, Hou Q, Su H, et al. miR488 negatively regulates osteogenic differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells induced by psoralen by targeting Runx2[J]. Molecular Medicine Reports, 2019, 20(4):3746-3754.
- [14] Galea GL, Paradise CR, Meakin LB, et al. Mechanical strain-mediated reduction in RANKL expression is associated with RUNX2 and BRD2[J]. Gene. 2020, 5:100027.
- [15] Colden M, Dar AA, Saini S, et al. MicroRNA-466 inhibits tumor growth and bone metastasis in prostate cancer by direct regulation of osteogenic transcription factor RUNX2[J]. Cell Death & Disease, 2017, 8(1):e2572.
- [16] Wysokinski D, Pawlowska E, Blasiak J. RUNX2: A master bone growth regulator that may be involved in the DNA damage response[J]. DNA and Cell Biology, 2015, 34(5):305-315.
- [17] Lee KS, Kim HJ, Li QL, et al. Runx2 is a common target of transforming growth factor beta1 and bone morphogenetic protein 2, and cooperation between Runx2 and Smad5 induces osteoblast-specific gene expression in the pluripotent mesenchymal precursor cell line C2C12[J]. Molecular and Cellular Biology, 2000, 20(23):8783-8792.
- [18] Parvaneh M, Karimi G, Jamaluddin R, et al. Lactobacillus helveticus (ATCC 27558) upregulates Runx2 and Bmp2 and modulates bone mineral density in ovariectomy-induced bone loss rats[J]. Clinical Interventions in Aging, 2018, 13:1555-1564.
- [19] Mohamad N, Nabih ES, Zakaria ZM, et al. Insight into the possible role of miR-214 in primary osteoporosis via osterix[J]. Journal of Cellular Biochemistry, 2019, 120(9):15518-15526.
- [20] Nakashima K, Zhou X, Kunkel G, et al. The novel zinc finger-containing transcription factor osterix is required for osteoblast differentiation and bone formation[J]. Cell, 2002, 108(1):17-29.

(收稿日期:2020-07-29;修回日期:2020-10-30)

(上接第 1186 页)

- [8] Jia HB, Ma JX, Ma XL, et al. Estrogen alone or in combination with parathyroid hormone can decrease vertebral MEF2 and sclerostin expression and increase vertebral bone mass in ovariectomized rats[J]. Osteoporos Int, 2014, 25(12):2743-2754.
- [9] 郑莎,弓慧杰.围绝经期妇女雌激素水平与骨质疏松的关系研究[J].中国妇幼保健,2018, 33(8):1806-1808.
- [10] 张瑜凌,王梦婧,张敏敏,等.维持性血液透析患者骨质疏松的危险因素分析[J].中华肾脏病杂志,2016, 32(4):259-263.
- [11] Malluche HH, Davenport DL, Cantor T, et al. Bone mineral density and serum biochemical predictors of bone loss in patients with CKD on dialysis[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2014, 9(7):1254-1262.
- [12] 路凌,孟娜娜,金超群,等.维持性血液透析患者骨密度异常相关因素分析[J].中国血液净化,2015, 14(6):325-327.
- [13] 沈英,梁世凯.维持性血液透析患者发生骨质疏松的危险因素及其与血清钙、磷、甲状旁腺素的关系[J].中华全科医学, 2017, 15(11):1901-1903.
- [14] Wang C, Zhang G, Gu M, et al. Parathyroid hormone plus alendronate in osteoporosis: A meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Invest Surg, 2015, 28(6):309-316.
- [15] Oh T, Naka T. Comparison of bone metabolism based on the different ages and competition levels of junior and high school female rhythmic gymnasts[J]. J Exerc Nutrition Biochem, 2017, 21(2):9-15.
- [16] Lim HY, Wong SH. Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review[J]. Physiother Res Int, 2018, 23(4):e1721.
- [17] 费加明.不同运动方式对绝经后妇女身体形态、肺活量及骨密度的影响[J].中国应用生理学杂志,2017, 33(4):339-341.
- [18] 任立峰,武斌,郝文博.过度有氧运动对不同性别成年骨代谢相关激素的影响[J].科学技术与工程,2017, 17(13):136-140.
- [19] 张兰,马迎春.血液透析患者的运动和心理康复[J].中华肾病研究电子杂志,2017, 6(4):178-181.
- [20] Alghadir AH, Gabr SA, Al-Eisa ES, et al. Correlation between bone mineral density and serum trace elements in response to supervised aerobic training in older adults[J]. Clin Interv Aging, 2016, 11:265-273.

(收稿日期:2020-07-12;修回日期:2020-09-29)