

· 综述 ·

阻力运动治疗绝经后骨质疏松症的研究进展

王昌 贺鸣 刘婧 邹丽丽 孙振双 马玉娟 史智君 蔡西国

河南大学人民医院, 河南省人民医院康复医学科, 郑州 450003

通信作者: 蔡西国, Email: caixiguo888@163.com

【摘要】 绝经后骨质疏松症是原发性骨质疏松症中较常见的类型之一。骨质疏松症及其继发的骨折严重影响患者的生活质量, 且高昂的治疗费用和较长的治疗周期给患者的家庭和社会带来了沉重的负担。如何有效、科学地防治绝经后骨质疏松症, 提高绝经后骨质疏松患者的生活质量是当前老龄化社会亟待解决的公共健康问题。阻力运动作为绝经后骨质疏松症有效的康复干预方式之一, 越来越受到重视。本文主要就阻力运动在绝经后骨质疏松症中的应用和研究进展进行综述, 以期对绝经后骨质疏松患者的康复治疗提供新的思路。

【关键词】 绝经后骨质疏松症; 阻力运动; BMD; 康复

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.03.023

骨质疏松症 (osteoporosis) 是老年人常见病、多发病, 其特点是骨量减少, 微结构减弱, 容易引起脆性骨折^[1], 而绝经后骨质疏松症 (postmenopausal osteoporosis, PMOP) 是其较常见的类型之一。绝经后, 雌激素的丢失会加速骨质流失和骨质疏松^[2], 从而引起 BMD (bone mineral density, BMD) 降低, 继而增加骨质疏松性骨折的风险^[3]。骨质疏松性骨折是绝经后骨质疏松最严重的并发症之一^[4], 研究证实, 康复治疗在针对绝经后骨质疏松的临床管理和骨质疏松性骨折的防治中均扮演着重要的角色^[5-6]。目前, 绝经后骨质疏松的康复干预方式中, 阻力运动 (resistance exercise, RE) 的作用越来越受到关注和重视, 阻力运动是指肌肉在对抗外界阻力的过程中所做的主动运动, 可使大肌肉群进行收缩的无氧自主运动, 有助于增强肌肉力量, 刺激骨形成和减少骨吸收, 可进一步降低骨质疏松症患者发生骨折的风险^[7-8]。本文主要对阻力运动在绝经后骨质疏松的机制及其改善 BMD、骨代谢标志物和平衡方面的应用和研究现状展开综述, 以期对临床绝经后骨质疏松患者的康复治疗提供参考。

阻力运动干预 PMOP 的机制

阻力运动的理念与实践源于十九世纪九十年代, 最早发表在《阻力运动与循环》杂志上的关于阻力运动对人体局部和全身循环系统影响的研究, 开启了阻力运动的先河^[9]。常见的阻力运动方式包括抵抗自身体重的阻力运动及抵抗外界重量的阻力运动。抵抗自身体重的抗阻力运动包括上下肢的肌肉锻炼、仰卧起坐、蹲跳、两头起、引体向上和俯卧撑等; 抵抗外界重量的抗阻力运动包括弹力带训练、使用哑铃和杠铃等健身器械进行举重和卧推等^[10]。

关于阻力运动治疗绝经后骨质疏松的具体机制尚未完全阐明, 目前的研究主要从以下方面阐明其机制: ①阻力运动引起的机械负荷增加了肌肉质量, 在骨骼中产生了机械应力, 并增强了成骨细胞的活性^[11-13]。运动可以解除或减轻成骨细胞对骨硬化蛋白的抑制作用, 特别是激活现有成骨细胞并产生骨基质可能是其改善 BMD 的关键因素^[14-15]。Pasqualini 等^[16]的研究对绝经后骨质疏松患者 33 例进行了为期 3 个月的阻力运

动训练, 结果显示, 受试者骨形成标记物 I 型前胶原 N 末端前肽 (type I procollagen propeptide, PINP) 水平显著增加; 同时未见骨吸收的循环标志物 I 型胶原蛋白 C 末端交联肽 (C-terminal cross linked peptide, CTX) 有显著变化, 证明了阻力运动可以增加绝经后低骨量妇女骨膜下成骨细胞的活性。Suniaga 等^[17]在一项随机动物模型实验中也得到了同样的结论, 证明了阻力运动可促进斑马鱼成骨细胞的形成, 增加骨体积和骨矿化。②阻力运动可显著增加负荷肌肉的横截面积, 从而增加肌肉的力量^[18-19]。研究表明, 肌肉质量也是决定骨强度的重要因素, 且肌肉与骨骼之间存在多种联系。肌肉是肌动蛋白的来源之一, 可以刺激骨形成, 同时也会导致骨丢失; 而骨骼分泌的因子如骨钙素和连接蛋白 43 等, 对肌肉则有直接的促进作用^[20-23]。Eguchi 等^[24]的一项研究证明, 下肢肌肉质量降低与椎体压缩性骨折的发病密切相关。③阻力运动可以通过激活 PI3K-Akt-mTORC1 信号通路来刺激肌肉蛋白质合成, 以及通过对骨骼施加机械负荷来增加骨骼的强度^[25]。

阻力运动对 PMOP 患者 BMD 的影响

骨强度的下降是绝经后骨质疏松患者的主要问题, 骨强度包括 BMD 和骨质量, 由于目前临床上缺乏测量骨质量的有效方法, 导致绝经后骨质疏松的诊断和评估仍以 BMD 改善为指标^[26]。BMD 降低会提高骨折的风险^[27], 有研究证明, 阻力运动可减少绝经后骨质疏松患者的骨折风险^[28-29]。但是并不是所有的阻力运动方式都具有同等的成骨作用, 关于阻力运动负荷大小的选择, 以及是否可以提高全身 BMD 状况目前仍存在争议。

Hamaguchi 等^[30]的研究对绝经后骨质疏松患者进行了为期 6 周的低负荷阻力训练, 结果表明, 低重复、轻负荷的力量训练可有效改善绝经后骨质疏松妇女的骨盆 BMD 和膝关节伸肌力量。与之相反, Watson 等^[31]的研究结果证实, 高强度阻力训练可改善绝经后的骨量减少和骨质疏松妇女的 BMD, 与传统的骨质疏松治疗指南推荐的中、低强度阻力运动的意见相反, 该研究指出, 高强度阻力运动是安全的。Souza 等^[32]的一篇 Meta

分析研究了高负荷阻力运动 ($\geq 1/70\text{RM}$) 和低负荷阻力运动 ($< 1/70\text{RM}$) 对中老年人股骨颈和腰椎 BMD 的影响, 结果发现, 高负荷阻力运动和低负荷阻力运动均可显著改善老年人股骨颈和腰椎 BMD, 但是两种负荷阻力运动的疗效组间比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 该结果提示, 高负荷阻力运动与低负荷阻力运动对老年人股骨颈和腰椎 BMD 的疗效相似。

黄山鹰等^[33]研究发现, 绝经后骨质疏松患者在接受 16 周的抗阻训练后, 股骨颈、Ward 三角区和腰椎 (L2~L4) BMD 均显著增加, 而大转子 BMD 没有显著变化。Aquino 等^[34]进一步证实了上述观点, 即为期 12 个月的阻力运动仅增加了腰椎 (增加 24%) 和股骨颈 (增加 29%) 的 BMD。还有研究也发现, 55 岁~75 岁绝经 5 年以上的女性在进行了持续 6 个月的杠铃操干预后, 只有腰椎 BMD 有了显著提高, 股骨颈、全髋关节或大转子的 BMD 并无显著提高^[35]。Hettchen 等^[36]的研究对绝经后骨质疏松患者 27 例进行了为期 13 个月的高强度阻力训练, 结果发现, 干预组腰椎的 BMD 显著改善, 而全髋关节的 BMD 无明显变化。

本课题组认为, 目前阻力运动负荷方案的设计和形式, 及其结局测量指标的异质性较高, 这在很大程度上影响了阻力运动的疗效评估。因此, 在绝经后骨质疏松症防治中, 关于阻力运动负荷大小的选择, 仍需要更多高质量的随机对照研究来阐明; 同时, 不同的阻力运动方式所产生的效果也存在差异, 而核心肌群或周围肌群的抗阻力训练的差异也需进一步的分析。

阻力运动对 PMOP 患者骨代谢标志物的影响

骨代谢生化标志物可以反映骨代谢及骨吸收的细胞活动, 其血清浓度反映了成骨细胞在骨形成特定阶段中的功能, 有助于我们了解阻力运动对骨骼微观层面的影响, 同时骨代谢标志物的高低也是反映绝经后骨质疏松病理过程的重要指标^[4,37]。目前关于阻力运动对骨代谢指标影响的研究较少, 这可能是因为大多数研究者认为患者的骨代谢水平可以通过 BMD 的随访跟踪结果间接反映出来。Gombos 等^[38]将 150 名绝经后骨质疏松或骨量减少女性随机分为阻力运动组、步行组 and 对照组, 测定干预前后血清骨特异性碱性磷酸酶 (BALP)、I 型胶原羧基末端肽 (CTX) 和血清硬化素浓度的变化。结果显示, 阻力运动组中 CTX 浓度较基线有显著减少, 血清 CTX 与 BMD 呈负相关^[39], 间接证明了阻力运动可以提高骨强度。陈彤丹等^[40]通过对老年人进行不同负荷程度的阻力运动后发现, 坚持运动的老年人血清 CTX 和 (I 型胶原原 N-端前肽) P1NP 水平较低, 而 25-羟基维生素 D (25-(OH)D) 水平较高, 由此证明阻力运动有助于降低老年人的骨转换水平。Wochna 等^[41]研究同样发现接受阻力运动的受试者 CTX 发生了显著的降低, 进一步证明了阻力运动可有效增加骨骼强度。另有文献报道, 对大鼠进行不同强度的耐力运动训练后, 大鼠骨组织及血清中骨钙素、碱性磷酸酶、抗酒石酸酸性磷酸酶均有明显改善, 其中大强度耐力运动训练组改善最为显著, 这为运动影响骨代谢提供了有利证据^[42]。

阻力运动对 PMOP 患者平衡功能的影响

绝经后骨质疏松会增加骨折的风险, 而骨折通常是由患者

平衡功能降低导致的跌倒所引起的^[43-44]。阻力运动可通过增加患者的肌肉力量改善其平衡功能, 特别是平衡功能训练对降低骨质疏松症患者的跌倒风险有重要作用, 临床研究证明, 阻力运动可显著改善绝经后骨质疏松患者的平衡功能^[45]。Stanghelle 等^[46]的研究发现, 骨质疏松和脊椎骨折的女性患者 (≥ 65 岁) 149 例在接受 12 周的阻力训练后, 其四方台阶测试得分、手臂卷曲、腿部力量、2.45 m 站起-走测试均较组内干预前显著改善, 该结果证明, 阻力运动可有效地改善绝经后骨质疏松患者的平衡功能。Filipovi 等^[47]的研究也发现, 阻力运动可改善绝经后骨质疏松患者的平衡功能。

绝经后骨质疏松患者大多存在本体感觉功能障碍, 进而导致不同程度的平衡功能障碍, 同时肌肉萎缩、下肢肌力和协调能力欠佳等也会进一步增加老年人的跌倒风险^[48-49]。因此, 在预防绝经后骨质疏松患者跌倒的康复训练过程中, 平衡功能的改善显得尤为重要。

小结

综上所述, 阻力运动在改善骨质疏松患者 BMD、骨代谢标志物和平衡功能等方面均有积极的治疗效果, 可有效降低低骨质疏松性骨折的风险。同时, 肌肉性能等非骨骼因素也是预防骨质疏松患者骨折的重要影响因素^[50]。Rikkonen 等^[51]的研究指出, 肌力是绝经后骨质疏松症的有力预测指标, 肌力低下可以被认为是一个骨质疏松性骨折独立的危险因素。目前, 关于阻力运动改善绝经后骨质疏松患者肌肉等非骨骼因素的研究较少, 还有待进一步研究。本课题组认为, 阻力运动可作为绝经后骨质疏松症有效的康复干预方法, 但具体有效的负荷剂量和运动方案尚未达成一致, 未来仍需要足够的基础和临床研究来证明。

参考文献

- [1] Cheng C, Wentworth K, Shoback DM. New frontiers in osteoporosis therapy [J]. Annu Rev Med, 2020, 71: 277-288. DOI: 10.1146/annurev-med-052218-020620.
- [2] Sathyapalan T, Aye M, Rigby AS, et al. Soy reduces bone turnover markers in women during early menopause: a randomized controlled trial [J]. J Bone Miner Res, 2017, 32(1): 157-164. DOI: 10.1002/jbmr.2927.
- [3] Levin VA, Jiang X, Kagan R. Estrogen therapy for osteoporosis in the modern era [J]. Osteoporos Int, 2018, 29(5): 1049-1055. DOI: 10.1007/s00198-018-4414-z.
- [4] Black DM, Rosen CJ. Clinical Practice. Postmenopausal osteoporosis [J]. N Engl J Med, 2016, 374(3): 254-262. DOI: 10.1056/NEJMcip1513724.
- [5] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南 (2017) [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2017, 10(5): 413-443. DOI: 10.3969/j.issn.1674-2591.2017.05.002.
- [6] Camacho PM, Petak SM, Binkley N, et al. American association of clinical endocrinologists/American college of endocrinology clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of postmenopausal osteoporosis-2020 update [J]. Endocr Pract, 2020, 26(1): 1-46. DOI: 10.4158/GL-2020-0524SUPPL.
- [7] Rizzoli R. Postmenopausal osteoporosis: assessment and management

- [J]. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab, 2018, 32(5): 739-757. DOI:10.1016/j.beem.2018.09.005.
- [8] Kraemer WJ, Ratamess NA, Flanagan SD, et al. Understanding the science of resistance training: an evolutionary perspective.[J] Sports Med, 2017, 47(12): 2415-2435. DOI: 10.1007/s40279-017-0779-y. PMID: 28918566.
- [9] Brunton TL, Tunncliffe FW. The effect of resistance exercise upon the circulation in man, local and general [J]. Br Med J, 1897, 2(1920): 1073-1075. DOI:10.1136/bmj.2.1920.1073.
- [10] 苏媛媛, 张伟宏, 宋晓月, 等. 抗阻运动对心血管疾病患者心脏康复作用的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2017, 52(2): 154-157. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2017.02.005.
- [11] Fleg JL. Aerobic exercise in the elderly: a key to successful aging[J]. Discov Med, 2012, 13(70): 223-228. PMID: 22463798.
- [12] Palombaro KM, Black JD, Buchbinder R, et al. Effectiveness of exercise for managing osteoporosis in women postmenopause [J]. Phys Ther, 2013, 93(8): 1021-1025. DOI: 10.2522/ptj.20110476.
- [13] Turner CH, Robling AG. Mechanisms by which exercise improves bone strength[J]. J Bone Miner Metab, 2005, 23: 16-22. DOI: 10.1007/BF03026318.
- [14] Adami S, Gatti D, Viapiana O, et al. Physical activity and bone turnover markers: a cross-sectional and a longitudinal study [J]. Calcif Tissue Int, 2008, 83(6): 388-392. DOI: 10.1007/s00223-008-9184-8.
- [15] Mosti MP, Kaehler N, Stunes AK, et al. Maximal strength training in postmenopausal women with osteoporosis or osteopenia [J]. J Strength Cond Res, 2013, 27(10): 2879-2886. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318280d4e2.
- [16] Pasqualini L, Ministrini S, Lombardini R, et al. Effects of a 3-month weight-bearing and resistance exercise training on circulating osteogenic cells and bone formation markers in postmenopausal women with low bone mass [J]. Osteoporos Int, 2019, 30(4): 797-806. DOI: 10.1007/s00198-019-04908-9.
- [17] Suniaga S, Rolvien T, Vom SA, et al. Increased mechanical loading through controlled swimming exercise induces bone formation and mineralization in adult zebrafish[J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 3646. DOI: 10.1038/s41598-018-21776-1.
- [18] Koopman R, van Loon LJ. Aging, exercise, and muscle protein metabolism[J]. J Appl Physiol, 2009, 106(6): 2040-2048. DOI: 10.1152/jappphysiol.91551.2008.
- [19] Burd NA, Tang JE, Moore DR, et al. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences[J]. J Appl Physiol (1985), 2009, 106(5): 1692-1701. DOI: 10.1152/jappphysiol.91351.2008.
- [20] Hamrick MW, McNeil PL, Patterson SL. Role of muscle-derived growth factors in bone formation [J]. J Musculoskelet Neuronal Interact, 2010, 10(1): 64-70. PMID: 20190381.
- [21] Hamrick MW. A role for myokines in muscle-bone interactions [J]. Exerc Sport Sci Rev, 2011, 39(1): 43-47. DOI: 10.1097/JES.0b013e318201f601.
- [22] Karsenty G, Mera P. Molecular bases of the crosstalk between bone and muscle[J]. Bone, 2018, 115: 43-49. DOI: 10.1016/j.bone.2017.04.006.
- [23] Shen H, Grimston S, Civitelli R, et al. Deletion of connexin43 in osteoblasts/osteocytes leads to impaired muscle formation in mice [J]. J Bone Miner Res, 2015, 30(4): 596-605. DOI: 10.1002/jbmr.2389.
- [24] Eguchi Y, Toyoguchi T, Orita S, et al. Reduced leg muscle mass and lower grip strength in women are associated with osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Arch Osteoporos, 2019, 14(1): 112. DOI: 10.1007/s11657-019-0668-0.
- [25] Hong AR, Kim SW. Effects of resistance exercise on bone health [J]. Endocrinol Metab, 2018, 33(4): 435-444. DOI: 10.3803/EnM.2018.33.4.435.
- [26] NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy [J]. JAMA, 2001, 285(6): 785-795. DOI: 10.1001/jama.285.6.785.
- [27] Javaheri B, Pitsillides AA. Aging and mechanoadaptive responsiveness of bone [J]. Curr Osteoporos Rep, 2019, 17(6): 560-569. DOI: 10.1007/s11914-019-00553-7.
- [28] Kemmler W, Engelke K, von Stengel S. Long-term exercise and bone mineral density changes in postmenopausal women—are there periods of reduced effectiveness [J]? J Bone Miner Res, 2016, 31(1): 215-222. DOI: 10.1002/jbmr.2608.
- [29] Segev D, Hellerstein D, Dunskey A. Physical activity—does it really increase bone density in postmenopausal women? A review of articles published between 2001-2016 [J]. Curr Aging Sci, 2018, 11(1): 4-9. DOI: 10.2174/1874609810666170918170744.
- [30] Hamaguchi K, Kurihara T, Fujimoto M, et al. The effects of low-repetition and light-load power training on bone mineral density in postmenopausal women with sarcopenia: a pilot study [J]. BMC Geriatr, 2017, 17(1): 102. DOI: 10.1186/s12877-017-0490-8.
- [31] Watson S, Weeks B, Weis L, et al. High-intensity resistance and impact training improves bone mineral density and physical function in postmenopausal women with osteopenia and osteoporosis: the LIFT-MOR randomized controlled trial [J]. J Bone Miner Res, 2019, 34(3): 572. DOI: 10.1002/jbmr.3659.
- [32] Souza D, Barbalho M, Ramirez-Campillo R, et al. High and low-load resistance training produce similar effects on bone mineral density of middle-aged and older people: a systematic review with meta-analysis of randomized clinical trials [J]. Exp Gerontol, 2020, 138: 110973. DOI: 10.1016/j.exger.2020.110973.
- [33] 黄山鹰, 程亮. 抗阻力量训练对青年和老年女性 BMD 的影响 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 5(23): 591-593, 634. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2017.05.007.
- [34] Aquino M, DiMenna FJ, Petrizzo J, et al. Power training improves bone mineral density and fall risk for a postmenopausal woman with a history of osteoporosis and increased risk of falling: a case report [J]. J Bodyw Mov Ther, 2020, 24(3): 44-49. DOI: 10.1016/j.jbmt.2020.02.026.
- [35] Nicholson VP, McKean MR, Slater GJ, et al. Low-load very high-repetition resistance training attenuates bone loss at the lumbar spine in active post-menopausal women [J]. Calcif Tissue Int, 2015, 96(6): 490-499. DOI: 10.1007/s00223-015-9976-6.
- [36] Hettchen M, von Stengel S, Kohl M, et al. Changes in menopausal risk factors in early postmenopausal osteopenic women after 13 months of high-intensity exercise: the randomized controlled ACTLIFE-RCT [J]. Clin Interv Aging, 2021, 16: 83-96. DOI: 10.2147/CIA.S283177.
- [37] Maïmoun L, Sultan C. Effects of physical activity on bone remodeling [J]. Metabolism, 2011, 60(3): 373-88. DOI: 10.1016/j.metabol.

2010.03.001.

- [38] Gombos GC, Bajsz V, Pek E, et al. Direct effects of physical training on markers of bone metabolism and serum sclerostin concentrations in older adults with low bone mass [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2016, 17:254-262.DOI:10.1186/s12891-016-1109-5.
- [39] Shou Z, Jin X, Bian P, et al. Reference intervals of β -C-terminal telopeptide of type I collagen, procollagen type I N-terminal propeptide and osteocalcin for very elderly Chinese men [J]. Geriatr Gerontol Int, 2017, 17(5):773-778.DOI: 10.1111/ggi.12785.
- [40] 陈彤丹, 曾苏, 边平达. 老年人运动与 BMD 及骨代谢指标之间的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(5):1115-1117. DOI:10.3969/j.issn.1005-9202.2019.05.031.
- [41] Wochna K, Nowak A, Huta-Osicka A, et al. Bone mineral density and bone turnover markers in postmenopausal women subjected to an aqua fitness training program [J]. Int J Environ Res Public Health, 2019, 16(14):2505.DOI: 10.3390/ijerph16142505.
- [42] 陈泽刚, 丁海丽, 李龙, 等. 不同强度耐力运动干预下生长期大鼠骨细胞代谢水平的变化[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(35):5582-5588. DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2918.
- [43] Curtis EM, Moon RJ, Harvey NC, et al. The impact of fragility fracture and approaches to osteoporosis risk assessment worldwide [J]. Bone, 2017, 104:29-38.DOI: 10.1016/j.bone.2017.01.024.
- [44] Watts NB, Manson JE. Osteoporosis and fracture risk evaluation and management: shared decision making in clinical practice [J]. JAMA, 2017, 317(3):253-254.DOI: 10.1001/jama.2016.19087.
- [45] Zhou X, Deng H, Shen X, et al. Effect of balance training on falls in patients with osteoporosis: a systematic review and meta-analysis [J]. J Rehabil Med, 2018, 50(7):577-581.DOI:10.2340/16501977-2334.
- [46] Stanghelle B, Bentzen H, Giangregorio L, et al. Physical fitness in older women with osteoporosis and vertebral fracture after a resistance and balance exercise programme: 3-month post-intervention follow-up of a randomised controlled trial [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1):471.DOI:10.1186/s12891-020-03495-9.
- [47] Filipovi CT, Lazovi CM, Backovi CA, et al. A 12-week exercise program improves functional status in postmenopausal osteoporotic women: randomized controlled study [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2021, 57(1):120-130.DOI:10.23736/S1973-9087.20.06149-3.
- [48] 张娟, 周谋望, 李筱雯, 等. 骨质疏松症患者的平衡功能[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2017, 10(6):530-534. DOI:10.3969/j.issn.1674-2591.2017.06.006.
- [49] 李萍, 邹晓峰, 程磊, 等. 有跌倒史的老年人群足底压力特征研究[J]. 中国老年学杂志, 2011, 31(7):1122-1124.DOI:10.3969/j.issn.1005-9202.2011.07.011.
- [50] 魏晓霏, 王朴, 刘遑, 等. 全身振动防治骨质疏松的研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 12(36):967-970.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.012.021.
- [51] Rikonen T, Sirola J, Salovaara K, et al. Muscle strength and body composition are clinical indicators of osteoporosis [J]. Calcif Tissue Int, 2012, 91(2):131-138.DOI:10.1007/s00223-012-9618-1.

(修回日期:2021-12-23)

(本文编辑:阮仕衡)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊对基金项目的有关要求

论文所涉及的课题若获得国家或部、省级以上基金资助或属攻关项目, 请以中英文双语形式脚注于文题页左下方, 如“基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2013CB532002); 国家自然科学基金(30271269); Funding: National Key Basic Research Program of China(973 Program)(2013CB532002); National Natural Science Foundation of China(30271269)”, 并请附基金证书复印件。论文刊登后获奖者, 请及时通知编辑部, 并附获奖证书复印件。