

· 论 著 ·

12周社区运动干预对绝经后骨质疏松症女性骨密度的影响研究

聂明剑^{1,3} 张智海² 冯强¹ 王梅^{1*}

1. 国家体育总局体育科学研究所群众体育研究中心,北京 100061

2. 中国医科大学航空总医院脊柱外科,北京 100025

3. 西安体育学院,陕西 西安 710068

中图分类号: R455 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2019) 04-0446-06

摘要: 目的 探讨四种运动方式对绝经后骨质疏松症女性骨密度(bone mineral density, BMD)的干预效果,并比较不同运动方式对股骨颈和腰椎 L₂₋₄ 骨密度干预效果的差异。方法 采用负重、自重、跳跃和健步走四种训练方式对社区 51 名绝经后骨质疏松症女性进行为期 12 周的训练;采用 GE 双能 X 线骨密度仪测量股骨颈和腰椎 L₂₋₄ 骨密度;组内比较用配对样本 *t* 检验(正态分布)和 Mann-Whitney 检验(非正态分布),组间比较采用单因素 ANOVA 检验或秩和检验干预前后 BMD 的差值, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。结果 与干预前相比,整体上运动组股骨颈和腰椎 L₂₋₄ BMD 在干预后的变化均表现出增长趋势,而对照组的 BMD 则呈减少趋势;运动组股骨颈 BMD 相对基线的增长率表现为负重组>健步组>自重组>跳跃组(1.91%>1.34%>0.72%>0.24%),腰椎 L₂₋₄ BMD 增长率则表现为健步组>跳跃组>负重组>自重组(29.07%>11.17%>4.22%>0.01%)。结论 运动可有效缓解绝经后骨质疏松症女性骨量丢失,不同方式的运动对不同部位骨骼的作用效果也不一样,负重训练对股骨颈 BMD 的改善效果最好,而健步走则对腰椎 BMD 的作用效果最优。具有冲击性的健步走和跳跃训练对腰椎 BMD 的改善要好于非冲击性的负重和自重训练,负重训练对股骨颈和腰椎 BMD 作用均要好于自重训练。

关键词: 自重训练;负重训练;跳跃训练;健步走;骨密度;绝经后骨质疏松症

Effects of 12-week community exercise intervention on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosisNIE Mingjian^{1,3}, ZHANG Zhihai², FENG Qiang¹, WANG Mei^{1*}

1. Mass Sports Research Center, China Institute of Sport Science, Beijing 100061

2. Department of Spinal Surgery, Aviation General Hospital of China Medical University, Beijing 100025

3. Xi'an Physical Education University, Xi'an 710068, China

* Corresponding author; WANG Mei, Email: wangmei@ciss.cn

Abstract: Objective To explore the effects of four types of exercise intervention (i.e., weight-bearing training, body weight training, jumping and fast walking) on bone mineral density (BMD) in postmenopausal women with osteoporosis, and to compare the effects of different exercise on the bone mineral density of femoral neck and L₂₋₄ of lumbar spine. **Methods** Fifty-one postmenopausal women with osteoporosis were recruited and assigned into five groups. The 12-week training programs were delivered to the participants in the four intervention groups, respectively, but not the control group. Bone mineral density of the femoral neck and lumbar spine was measured using a GE dual-energy X-ray absorptiometry densitometer at baseline and post-intervention. The intragroup comparisons were performed using paired sample T-test for normally distributed data and Mann-Whitney test for non-normally distributed data. Comparison among groups were conducted using one-way ANOVA or rank sum test on the differences in BMD at pre- and post-intervention. $P < 0.05$ was set as statistically significant. **Results** Compared with baseline, femoral neck and lumbar spine L₂₋₄ BMD in all the intervention groups increased after intervention, while BMD in the control group decreased. The increase rate of femoral neck BMD in relative to baseline in the four intervention groups were: weight-bearing training (1.91%), fast walking (1.34%), body-weight training (0.72%), and jumping (0.24%), while such rate for lumbar

* 通信作者: 王梅, Email: wangmei@ciss.cn

spine L₂₋₄ BMD were fast walking (29.07%), jumping (11.17%), weight-bearing training (4.22%), and body-weight training (0.01%). **Conclusion** Exercise could effectively alleviate the loss of bone mass in postmenopausal women with osteoporosis. Different types of exercise had different effects on bones in different parts. Weight-bearing training showed better effect on femoral neck BMD improvement whereas fast walking had better effect on lumbar spine BMD. The effects of impact-training such as fast walking and jumping were better than that of the non-impact load training (weight-bearing and body-weight training) for BMD of the lumbar spine. Among the two non-impact load training, weight-bearing training was better than the body-weight training on BMD of the femoral neck and lumbar spine.

Key words: body-weight training; weight-bearing training; jumping training; fast walking; bone mineral density; postmenopausal osteoporosis

绝经后骨质疏松症 (postmenopausal osteoporosis, PMOP) 是一种发生于女性自然绝经后 5~10 年, 因卵巢功能衰退、雌激素缺乏而引起骨质疏松性和骨折风险增加的一种骨骼系统疾病^[1-3]。全球罹患骨质疏松症的人群中 80% 为绝经后女性^[4], 而 50 岁以上的女性一生中任何部位发生骨折的风险接近 40%^[5-6]。随着人类期望寿命的增加, 以及全球人口老龄化进程加速, 在未来几十年, PMOP 的发病率势必不断升高, PMOP 及其伴随的骨折已成为威胁老年女性健康的严重公共卫生问题。大量的研究^[7]已经发现运动在防治 PMOP 方面的益处, 但运动防治 PMOP 的最佳方式、频率、强度和持续时间等尚未完全阐明。本研究以社区骨质疏松症女性为研究对象, 探讨四种常见的运动方式即自重肌肉耐力训练、哑铃负重最大力量训练、跳跃训练和健步走对骨密度的影响效果。

1 材料和方法

1.1 研究对象的筛选

本研究自 2016 年 8 月至 2017 年 8 月, 在北京市朝阳区和西城区的 13 个社区或街道招募受试者, 共计 559 人参与了使用便携式足跟超声骨密度仪进行的初步筛选, 符合纳入标准并同意参加干预锻炼的有 70 人, 最终完成干预并且数据有效的有 51 人, 研究对象基本情况如表 1 所示。采用中国老年学会骨质疏松委员会 (OCCGS) 建议的 -2.0 SD ($T < -2.0$) 作为骨质疏松症的诊断标准^[8], 将四种干预方式随机分至不同社区, 受试者根据所在社区被分配进行不同的干预训练。排除标准为: ①性腺、甲状腺功能紊乱和糖尿病、多发性骨髓瘤及纤维性骨炎引起的继发性骨质疏松症; ②影响钙和维生素 D 吸收与调节的消化道和肾脏疾病; ③类风湿性关节炎等免疫性疾病; ④长期服用糖皮质激素或其他骨代谢药物; ⑤各种先天和获得性骨代谢异常疾病; ⑥近 1 年内有中高等强度规律运动健身习惯 (每周 3 次

及以上, 持续 30 min 以上的运动) 的受试者; ⑦不具备正常日常行为能力、存在运动障碍或风险、骨折风险极高的受试者^[9-10]; ⑧停经时间不足 2 年者。

表 1 研究对象基本情况

Table 1 The basic characteristics of the research subjects

组别	样本量	年龄/岁	体重/kg
BTG	10	63.2±4.4	54.8±7.3
DTG	11	63.9±3.2	62.4±9.7
JTG	11	59.7±5.1	57.3±8.6
WTG	10	64.6±4.4	58.3±8.2
CG	9	65.2±5.1	55.6±6.5
Total	51	63.1±5.1	56.5±7.6

注: BTG, 自重肌肉耐力训练组; DTG, 哑铃负重最大力量训练组; JTG, 跳跃训练组; WTG, 健步走训练组; CG, 对照组。

1.2 运动干预方案与安全防范

自重肌肉耐力训练组 (body-weight muscle endurance training group, BTG) 采用对抗自身体重的肌肉耐力训练方案, 使用弓步下蹲、马步下蹲、站立位提踵及其衍生的下蹲动作进行肌肉耐力训练, 每组 20~25 次, 进行 5 组, 组间充分休息。第 1~4 周为适应性练习, 每组 12~15 次, 进行 5 组; 第 5~8 周为提升练习, 每组 15~20 次, 进行 5 组; 9~12 周时每组 20~25 次, 进行 5 组。

哑铃负重最大力量训练组 (dumbbell-weight maximum strength training group, DTG) 采取手持哑铃的最大力量训练方案, 使用弓步下蹲、马步下蹲、站立位提踵及其衍生的下蹲动作进行最大力量训练, 选取 8~10 强度·重量 (repetition maximum, RM), 每次 8~10 个, 进行 5 组, 组间充分休息。使用主观体力感觉等级表监控运动强度, 强度控制在 RPE13~15 分。第 1~2 周为适应性练习, 不进行负重, 每组 15~20 次, 进行 5 组; 第 3~4 周提升练习, 不进行负重, 每组 20~25 个, 进行 5 组; 第 5~6 周, 哑铃负重, 选取 8~10 RM, 每次 8~10 个, 进行 3 组; 第 7 周开始至 12 周结束, 哑铃负重, 选取 8~10 RM, 每次 8~10 个, 进行 5 组。

跳跃训练组 (jump training group, JTG) 采用双腿跳、跨步跳等跳跃的方式进行训练。每种跳跃形式连续重复 8~15 次,组间充分休息,进行 5 组。第 1~2 周为适应性练习,每组 8~10 次,进行 3 组;第 3~4 周提升练习,每组 10~12 个,进行 5 组;第 5 周始,每组 12~15 次,进行 5 组。

健步走训练组 (fast walking training group, FTG) 采用健步走的形式进行训练,使用 polar 心率表控制心率在 60%~80% HRmax (最大心率)。第 1~4 周心率控制在 60%~70% HRmax,第 5~8 周心率控制在 70%~80% HRmax,第 9 周以后心率控制在 80% HRmax 左右。

对照组 (control group, CG) 为纳入干预名单但未参加干预训练,或参加干预训练次数不足 20% 的女性。

所有干预组每次训练至少持续 1 h,共持续 12 周。训练前的热身与训练后的放松均至少持续 10 min。所有干预组采用每周监督训练 2 次,自主锻炼 1 次的方式进行。

为确保受试者在锻炼过程中的安全,所有受试者训练前均采用美国运动医学会 (American College of Medicine - ACSM)《运动测试与处方指南》中的运动前风险筛查问卷 PAR-Q + (Physical Activity Readiness Questionnaire) 进行运动风险评估^[11];训练人员均为经过培训的北京体育大学运动人体科学或运动康复专业学生,每次训练至少配备 2 名工作人员,1 名担任训练动作展示与引导,1 名负责动作纠正及安全监督,同时还有若干社区志愿者在旁辅助组织;采用循序渐进原则对受试者进行训练,逐渐提高训练强度;使用主观体力感觉等级表监控运动强度,强度控制在 RPE13~15 分 (即感觉强度在稍费力到费力之间),详情见表 2;为防跌倒,自重与负重组受试者在进行所有下蹲类动作时均在身后放置一把椅子,跳跃组训练时受试者一律靠墙站立进行。

本研究已获得国家体育总局体育科学研究所伦理委员会批准 (2016-04),并在中国临床试验注册中心注册 (ChiCTR-IOR-16009133),所有受试者均已签署知情同意书。

表 2 各组干预训练方案详情

Table 2 Details of each group's intervention training program

组别	方式	强度	频率	时间
STG	对抗自身体重肌肉耐力训练	RPE 13~15 分		
DTG	手持哑铃的肌肉耐力训练	60%~80% HRmax	每周 2 次监督练习, 1 次家庭自主锻炼	每次至少 1 h, 持续 12 周
JTG	跳跃、提踵等			
WTG	控制心率健步走			
CG	/	/	/	12 周

1.3 指标与设备

干预训练前后,均采用美国通用公司生产的 GE LUANR 双能 X 线骨密度测试仪 (全身) (DXA),仰卧位扫描受试者髋部及腰椎骨密度 (bone mineral density, BMD),提取股骨颈和腰椎 L₂₋₄ BMD 作为核心指标来评价干预效果。

1.4 统计学处理

K-S 检验数据是否符合正态分布;组内比较用配对样本 *t* 检验 (正态分布) 和非参数独立样本 Mann-Whitney 检验 (非正态分布);组间比较采用干预前后 BMD 差值的单因素 ANOVA 检验或秩和检验,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

训练 12 周后,与干预前相比,自重组股骨颈 BMD 增加,腰椎 L₂₋₄ BMD 减少;负重组、跳跃组和

健步组的股骨颈与腰椎 L₂₋₄ BMD 均有增加,但没有统计学意义;对照组股骨颈和腰椎 L₂₋₄ BMD 均有减少,但仅股骨颈的变化具有统计学意义 ($P<0.05$)。

自重组、负重组、跳跃组和健步组股骨颈 BMD 相比对照组均明显增加 ($P<0.01$);跳跃组和健步组腰椎 L₂₋₄ BMD 相比对照组也明显增加 ($P<0.05$),而自重组和负重组相比对照组则无统计学意义,见表 3。

与干预前相比,整体上运动组股骨颈和腰椎 L₂₋₄ BMD 在干预后的变化均表现出增长趋势,而对照组的 BMD 则呈减少趋势;运动组股骨颈 BMD 相对基线的增长率表现为负重组>健步组>自重组>跳跃组 (1.91%>1.34%>0.72%>0.24%),腰椎 L₂₋₄ BMD 增长率则表现为健步组>跳跃组>负重组>自重组 (29.07%>11.17%>4.22%>0.01%),见表 4。

表 3 各组干预前后股骨颈和腰椎 BMD 情况($\bar{x} \pm s, g/cm^2$)Table 3 BMD of the femoral neck and lumbar spine in all groups before and after intervention($\bar{x} \pm s, g/cm^2$)

组别	干预前后	股骨颈	腰椎 L ₂₋₄
STG	干预前	0.7059±0.0541	0.9089±0.1155
	干预后	0.7066±0.0474	0.9028±0.1089
	Δ	0.0044±0.0207 ^{##}	-0.0006±0.0290
DTG	干预前	0.7961±0.0916	1.0205±0.1720
	干预后	0.8085±0.0783	1.0561±0.1388
	Δ	0.0124±0.0418 ^{##}	0.0356±0.0766
JTG	干预前	0.7536±0.0515	0.9256±0.1744
	干预后	0.7556±0.0604	0.9992±0.0976
	Δ	0.0021±0.0202 ^{##}	0.0736±0.1368 [#]
WTG	干预前	0.7494±0.0988	0.8734±0.2034
	干预后	0.7593±0.1040	0.9940±0.1535
	Δ	0.0099±0.0331 ^{##}	0.1451±0.3042 [#]
CG	干预前	0.7453±0.0992	0.9041±0.0812
	干预后	0.7129±0.0789 [*]	0.7902±0.2463
	Δ	-0.0324±0.0325	-0.1139±0.2773

注:与干预前比,* $P<0.05$;与对照组比较,[#] $P<0.05$,^{##} $P<0.01$;Δ:BMD 变化率。

表 4 各组干预前后各部位 BMD 变化率(Δ/干预前%)

Table 4 BMD change rate of each group before and after intervention(Δ/ Baseline%)

组别	股骨颈	腰椎 L ₂₋₄
STG	0.72±2.85 ^{**}	0.01±3.40
DTG	1.91±6.36 ^{**}	4.22±8.39
JTG	0.24±2.54 ^{**}	11.17±21.27
WTG	1.34±4.14 ^{**}	29.07±65.70 [#]
CG	-4.10±3.50	-11.44±27.83

注:与对照组比较,* $P<0.05$,** $P<0.01$;与自重组比较,[#] $P<0.05$ 。

3 讨论

3.1 运动 12 周可减缓绝经后骨质疏松症女性的骨量丢失

40 岁以后,不论性别或种族,骨量每年约减少 0.5%^[12]。绝经后,雌激素的缺乏不仅会导致骨合成与骨吸收的失衡,同时也限制了骨细胞对机械负荷的合成代谢响应,并造成废用性骨组织的损失^[13],如果不采取相应措施,骨量丢失速度便会加快。骨的大量丢失,将导致骨小梁无法维持正常状态,变细、弯曲、错位或断裂,甚至最终全部被吸收,皮质骨孔隙度增加^[4],最终引发 PMOP。因此,减少骨量丢失是绝经后女性防治骨质疏松的首要目标。尽管药物治疗骨质疏松的效果较为显著,但长期服用会诱发诸多不良反应,同时带来巨大的经济负担。因而,可持续、低成本的运动疗法受到越来越

多学者的关注,WHO 也曾明确提出预防骨质疏松症的三大原则:运动疗法、补钙和饮食。

骨骼是具有功能适应性的组织结构,能够适应不断变化的负荷要求,这一特性是通过运动能够使得骨量增长的主要原因。机体在运动过程中地面的反作用力、不同肌肉、肌腱间相互牵拉产生的拉力、切力以及挤压力均能对骨骼产生一定的刺激^[14],这些机械应力刺激可引起多种骨细胞如成骨细胞、骨髓干细胞等的应答从而产生各种生物学效应^[15],进而提高了骨的强度及生物力学特性。相反,如果缺乏机械应力刺激,机体骨量则会逐渐流失。表明机械负荷对于骨骼完整性至关重要,也许最有说服力的证据是来自卧床休养、太空飞行和脊髓损伤等方面的研究,这些研究^[16]表明,当作用在骨骼上的机械力明显减弱时,骨量流失是迅速和深入的。另一项研究^[17]表明,缺乏机械负荷产生的制动状态,其 1 周减少的骨量相当于正常情况下 1 年减少的骨量。除此之外,运动也被发现在调节体内激素和细胞因子等方面起到了有益的作用,运动可以通过直接调节性激素的水平作用于骨,也可以通过对细胞因子的作用而间接地影响到骨代谢^[18]。有研究^[19]发现,运动 3 个月后,骨质疏松大鼠血清中的雌二醇和降钙素显著增高,而骨钙素则明显降低。另外一些研究^[20]也证实了运动所产生的力学刺激能使骨髓间充质干细胞(mesenchymal stem cells, MSC)向成骨细胞(osteoblasts, OB)分化和 OB 信号通路产生适应性变化。因此,对于绝经后女性,只有维持一定的活动水平,才能抑制骨量的持续丢失,预防并治疗绝经后骨质疏松症。

Farazmand 等^[21]对有 5 年瑜伽或步行运动经历的绝经后女性的研究发现,与那些不进行体育锻炼的女性相比,运动组的腰椎 BMD 要明显高于非运动组,并且步行组的腰椎 BMD 最高。Hamaguchi 等^[22]对患有肌少症的绝经后日本女性进行为期 6 周的低重复、轻负荷的力量训练,结果这些人的骨盆 BMD 也改善了 1.6%。Watson 等^[23]的研究也证实每周 2 次,每次 30 min,持续 8 个月高强度抗阻和冲击性训练(high-intensity resistance and impact training, HiRIT)对绝经后低骨量女性腰椎和股骨颈 BMD 的显著改善作用。

尽管 12 周的干预时间相对大多数同类研究而言较短,但笔者的研究也并不是孤立的,Seidelin 等^[24]对 18 名绝经后女性进行了每周 2 次、持续 12 周的间歇性训练后发现,下肢总体 BMD 增加了

1.8%。Mosti 等^[25]的研究发现为期 12 周的下蹲最大力量练习显著改善了绝经后低骨量或骨质疏松症女性的骨矿物质含量,并且 BMD 也增加了 2.4%。

在本研究中笔者也观察到四个运动组相比干预前,其股骨颈和腰椎 L₂₋₄ BMD 分别提高了 0.24%~1.91%和 0.01%~29.07%,基本表现出回升趋势,虽然这种变化与干预前相比并没有统计学意义,但与对照组比较的结果表明,12 周的运动训练在一定程度上维持了绝经后骨质疏松女性的骨量。这与国内外大多数的研究结论一致^[26],认为运动,即便 12 周的锻炼,也是改善绝经后女性,尤其是绝经后骨质疏松女性骨骼健康的不可或缺的途径。

3.2 不同运动方式对不同部位骨骼产生的作用效果不同

尽管运动所产生的机械应力刺激可以抑制骨量丢失,但研究表明骨骼对运动的反应高度依赖于机械负荷的性质。运动所产生的负荷刺激也并不是均匀分布于全身骨骼的不同部位,而是重点刺激主要的载荷部位,因而不同的运动产生的负荷性质不同^[27],同时骨骼的不同部位对运动的反应也不一致^[26]。在本研究中,通过比较干预前后 BMD 的增长率,笔者也观察到四种运动方式对不同部位的骨骼所作用的效果并不一样,即对股骨颈 BMD 的改善效果表现为负重>健步>自重>跳跃,而对腰椎 L₂₋₄ BMD 的改善效果表现为健步>跳跃>负重>自重。

戴阿惠等^[28]的研究证实,骨量的升高与运动负荷强度的增加呈正相关,且此效应呈部位特异性;并且骨量增加的部位是特异性运动肌肉的附着处,而其他部位的骨密度未见改变。Beck 等^[29]也认为,涉及冲击力的身体活动对骨代谢和减少骨折风险的降低效果要好于无冲击的单纯性抗阻训练。这与本研究中具有冲击性的健步走和跳跃训练对腰椎 L₂₋₄ BMD 的改善效果要好于非冲击性的负重和自重训练的发现一致。

来自横断面的研究^[30]一致表明,从事高负重或不寻常冲击负重的运动员,如体操、排球、篮球、芭蕾舞、足球、举重、网球/壁球和花样滑冰等,与非运动员或不负重或低冲击性的运动员相比,骨骼载荷部位骨量更高,这与本研究中负重训练的干预效果均好于自重训练的结果也保持了一致。此外,笔者观察到负重训练对于股骨颈 BMD 的改善最为有效,这也与苏格兰格拉斯哥老年人循证护理中心 2011 年的 Cochrane 评价调查的结果^[31]较为一致,他们回顾了 43 项随机对照试验并得出结论:股骨颈 BMD 最

有效的运动干预方式是进行下肢渐进抗阻练习。在负重组与自重组中,均采用了相似的力量锻炼方法,即下肢力量训练。但是负重组在腰椎 BMD 的提升中比较明显,而自重组股骨颈 BMD 出现了比较大的改变。由此可以进行推论,两种不同的力量锻炼方式对与骨骼肌肉系统的负荷存在一定的区别。即当力量承受的外部负荷较小时,腰椎承受的应力不明显,而更多的以髋部为主要载荷部位,其产生的机械负荷并不是主要作用于腰椎,因而低于腰椎的负荷阈值,刺激不足以使腰椎骨组织产生足够的应答,从而未能有效改善腰椎部分 BMD 的丢失。而负重组由于增加了外部负荷(主要是通过手持哑铃等方式增加外部负荷),对于腰椎 BMD 的改善效果尤为明显,这很可能与手持哑铃增加了躯干对抗外部负荷的难度,从而给腰椎部分增加了更多的挑战,进而有助于提高腰椎 BMD。

此外,本研究中一个比较特别的发现,是健步走的冲击性弱于跳跃训练,但整体干预效果却好于跳跃训练,这与 Beck 等^[29]的观点相悖。另外一项持续 2 年的临床干预实验也显示,在补充钙和维生素 D 的背景下,高冲击性运动对股骨颈的作用要高于快步走^[32]。对此,笔者推论,一方面可能是相对其他跳跃训练,快走的难度较低,执行率更高,并且快走组的锻炼频率要高于另外两组,除每周两次监督训练之外,受试者普遍报告在掌握训练要求与脉搏自测心率法后,每天都有按照监督练习的强度自行锻炼;另一方面,也有可能是本研究中跳跃训练对受试者的刺激不足。在实践中笔者发现,跳跃组受试者明显存在依从性问题,在我国老年人的传统观念中,跳跃锻炼往往被认为是不安全的锻炼方式。在锻炼过程中,笔者发现跳跃练习除了数量较好控制以外,对于跳跃的高度这个比较重要的强度指标难以标准化与量化。因此,这可能是跳跃组在改善骨密度水平中效果不佳的重要因素。因此,尽管负荷动作标准的跳跃动作可以有效改善骨质水平,但由于社会学因素、心理因素所造成的依从性问题也应被充分考虑,缺乏实践性的锻炼方法很难面对人群进行大范围推广,这也是今后的学者需要注意的问题。

4 结论

12 周的运动干预可以有效缓解绝经后骨质疏松症女性的骨量丢失,不同方式的运动对不同部位骨骼的作用效果也不一样,负重训练对股骨颈 BMD

的改善效果最好,而健步走则对腰椎 BMD 的作用效果最优。具有冲击性的健步走和跳跃训练对腰椎 BMD 的改善要好于非冲击性的负重和自重训练,负重训练对股骨颈和腰椎 BMD 作用均要好于自重训练。

【参 考 文 献】

- [1] Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis [J]. *Am J Med*, 1993, 94(6): 646-650.
- [2] NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention D, Therapy. Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therap [J]. *JAMA*, 2001, 285(6): 785-795.
- [3] 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]. *中国全科医学*, 2017, 20(32): 3963-3982.
- [4] 王临虹, 夏维波, 林华. 骨质疏松症防治 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2017.
- [5] Melton LJ, Chrischilles EA, Cooper C, et al. How many women have osteoporosis [J]? *J Bone Miner Res*, 2005, 20(5): 886-892.
- [6] Kanis JA, Johnell O, Oden A, et al. Long-term risk of osteoporotic fracture in Malmö [J]. *Osteoporos Int*, 2000, 11(8): 669.
- [7] Kam DD, Smulder SE, Weerdesteyn V, et al. Exercise interventions to reduce fall-related fractures and their risk factors in individuals with low bone density: a systematic review of randomized controlled trials [J]. *Osteoporos Int*, 2009, 20(12): 2111-2125.
- [8] 张智海, 刘忠厚, 李娜, 等. 中国人骨质疏松症诊断标准专家共识(第三稿·2014版) [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2014, 20(9): 1007-1010.
- [9] Otero M, Esain I, Gonzálezsuarez ÁM, et al. The effectiveness of a basic exercise intervention to improve strength and balance in women with osteoporosis [J]. *Clin Intervent Aging*, 2017(12): 505-513.
- [10] Kemmler W, Von SS, Kohl M. Exercise frequency and bone mineral density development in exercising postmenopausal osteopenic women. Is there a critical dose of exercise for affecting bone? Results of the Erlangen Fitness and Osteoporosis Prevention Study [J]. *Bone*, 2016, 89: 1-6.
- [11] Medicine ACOS. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription [M]. LWW, 2017.
- [12] Carter MI, Hinton PS. Physical activity and bone health [J]. *Mol Med*, 2014, 111(1): 59-64.
- [13] Lee K, Jessop H, Suswillo R, et al. Endocrinology: bone adaptation requires oestrogen receptor-alpha [J]. *Nature*, 2003, 424(6947): 389.
- [14] 张玲莉, 孙忠广, 邹军. 运动预防骨质疏松的研究进展 [J]. *中国康复医学杂志*, 2017(3): 368-372.
- [15] Rubin J, Rubin C, Jacobs CR. Molecular pathways mediating mechanical signaling in bone [J]. *Gene*, 2006, 367: 1-16.
- [16] Giangregorio L, Blimkie CJ. Skeletal adaptations to alterations in weight-bearing activity: a comparison of models of disuse osteoporosis [J]. *Sports Med*, 2002, 32(7): 459-476.
- [17] Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, et al. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women [J]. *Osteoporos Int*, 2008, 24(1): 23-57.
- [18] 邹军. 运动防治中老年女性骨质疏松症 [J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2014, 30(5): 343-347.
- [19] Hopkins SA, Baldi JC, Cutfield WS, et al. Effects of exercise training on maternal hormonal changes in pregnancy [J]. *Clin Endocrinol*, 2011, 74(4): 495-500.
- [20] 赵常红, 李世昌, 孙朋, 等. 运动力学刺激对骨质量影响的研究进展 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2018, 24(6): 820-825.
- [21] Farazmand E, Shabani M, Akhlaghi F, et al. Comparison of lumbar spine bone density in non-athletic and athletic (yoga and walking) postmenopausal women [J]. *Iran J Obstetr Gynecol Infertil*, 2014, 16(81): 16-23.
- [22] 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.
- [23] Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, et al. High-intensity resistance and impact training improves bone mineral density and physical function in postmenopausal women with osteopenia and osteoporosis: The LIFTMOR randomized controlled trial [J]. *J Bone Miner Res*, 2017, 33(2): 211-220.
- [24] Seidelin K, Nyberg M, Piil P, et al. Adaptations with intermittent exercise training in post- and premenopausal women [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2017, 49(1): 96-105.
- [25] 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.
- [26] 邓士琳. 体力活动与绝经后骨质疏松症的关系及运动干预模式的研究 [J]. *中国体育科技*, 2009, 45(6): 118-126.
- [27] Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, et al. Heavy resistance training is safe and improves bone, function, and stature in postmenopausal women with low to very low bone mass: novel early findings from the LIFTMOR trial [J]. *Osteoporos Int*, 2015, 26(12): 2889-2894.
- [28] 戴阿惠, 何剑琴. 绝经后妇女骨质疏松的防治新观点 [C]. 2016年浙江省医学会营养与代谢分会第二届学术年会暨老年营养与代谢疾病诊治新进展研讨会, 杭州, 2016.
- [29] Beck BR. Muscle forces or gravity—what predominates mechanical loading on bone? Introduction [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2009, 41(11): 2033-2036.
- [30] Beck BR, Daly RM, Singh MAF, et al. Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis [J]. *J Sci Med Sport*, 2016, 20(5): 438-445.
- [31] Howe TE, Shea B, Dawson LJ, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011, 7: CD000333.
- [32] Garcia-Gomariz C, Blasco JM, Macian-Romero C, et al. Effect of 2 years of endurance and high-impact training on preventing osteoporosis in postmenopausal women: randomized clinical trial [J]. *Menopause*, 2018, 25(3): 301-306.

(收稿日期: 2018-05-15; 修回日期: 2018-06-28)