

· 综述 ·

全身振动防治绝经后骨质疏松的研究进展

刘 洋¹ 周 军¹ 叶超群^{1,2}

骨质疏松是绝经后妇女常见疾病,发病率为 20%—50%,在绝经 20 年以上者可达 56%,已成为中老年骨痛、骨折及致残的主要原因之一,严重影响患者的生存质量。绝经后骨质疏松的特点主要为骨吸收增加及骨转换增高,临床上常采用药物治疗以抑制骨吸收或促进骨形成,但药物大都存在副作用。因此,近年来,广大学者开始把目光投向具有无创、副反应小等特点的物理因子疗法。

全身振动(whole-body vibration, WBV)是振动疗法中的一种,是指借助于振动仪器,使振动刺激通过下肢或躯干作用于全身,使机体整体振动,以达到防治疾病目的的方法。对去卵巢模型动物及绝经后女性的研究显示,低于引起骨组织损伤的机械振动信号,具有很强的成骨效应^[1-2],它不仅是一种新型治疗骨质疏松的模式^[2],而且能有效的预防老年女性摔倒骨折^[3],同时还具有高依从性、高满意度、副反应小的特点^[4],因而在绝经后骨质疏松的防治中越来越受到关注。

1 全身振动对绝经后骨质疏松的影响

1.1 促进骨形成和防止骨丢失

WBV 可以有效地防止绝经后女性骨丢失。Verschuereen 等^[5]随机将 70 例 58—74 岁绝经后妇女分为 WBV 组、抗阻训练组以及对照组, WBV 组给予频率 35—40Hz、强度为 2.28—5.09g、3 次/周、30min/次,共 24 周的动态振动刺激后,发现对照组和抗阻训练组髌关节骨密度(bone mineral density, BMD)未有明显变化(各为-0.62%、-0.60%),而 WBV 组髌关节 BMD 增加了 0.93%($P<0.05$),其相对于对照组增加量(1.5%)与抗吸收药物引起的髌 BMD 增加量相似^[5]。Rubin 等^[6]的研究结果也表明,30Hz、2.0mm,连续 12 个月的振动刺激,可使绝经后骨质疏松妇女股骨颈 BMD 较对照组增加 2.17%($P=0.06$),腰椎 BMD 较对照组增加 1.5%($P=0.09$)。并且,体重轻的妇女腰椎 BMD 增加更显著(+3.35%, $P=0.009$),说明这种机械性干预手段可能对体重轻的妇女更有效。然而 Russo 等^[7]的研究没有发现 BMD 的变化。29 例停经妇女接受了每天 2min×3 组,2 天/周,频率 28Hz 的 WBV 训练,连续 6 个月后发现, WBV 训练对胫骨的骨密度无显著影响。作者认为这可能与采用的振动频率较小或刺激强度不够有关。

频率是影响振动效果的重要因素。Oxlund^[8]等分别采用 1.7Hz(0.5g)、30Hz(1.5g)、45Hz(3.0g)三种频率,对去卵巢 1 年后的大鼠进行振动训练,结果发现,三种频率的刺激都能促进骨形成,但 45Hz 频率促进骨形成、抑制骨吸收以及保持骨的生物力学性能的作用最显著。一般认为,低频振动具有明显的成骨效应,但文献报道中低频的频率范围相差较大,何为具有最佳成骨效应的频率目前还不确定。

研究发现,机械振动主要是对绝经后早期骨丢失有效。有学者认为,人体 BMD 的改变主要发生在振动前 5 个月^[9]。原因与骨对振动刺激产生了适应有关。动物研究也得出相似结果。以 50Hz、2g、30min/d、5d/周、共 12 周的振动刺激去卵巢

大鼠,发现前 5 周大鼠股骨、胫骨 BMD 值明显增加,第 8 周与 12 周振动刺激只能维持振动组前 5 周时的 BMD 值^[10]。

1.2 改善骨结构和生物力学性能

振动不仅可防止骨丢失,还可改善骨结构和生物力学性能^[7,10-11]。有研究显示,机械信号对骨的合成作用可导致骨量/总骨量增加 32%,小梁骨纵向强度提高 27%^[12]。Rubin 等^[13]以 30Hz、0.3g、20min/d 的机械应力刺激成年母羊后腿胫骨,结果发现,实验组骨密度上升 34.2%($P=0.01$),小梁数目增加 45.6%($P=0.01$),小梁间隙下降 36.1%($P=0.02$),说明该刺激有利于松质骨的形成。Zhang 等^[14]对 14 周龄的雌性小鼠胫骨骨骺施加振动负荷,骨组织形态学分析显示各负荷组骨形成率(bone formation rate, BFR)均增加。与非负荷组相比,皮质截面积 BFR 增加 11%和 8%($P<0.01$)、皮质厚度增加 12%($P<0.01$)和 8%($P<0.05$);骨钙化表面和骨矿化沉积率也显著增加。Flieger 等^[10]的研究也发现,50Hz 的振动,可促进皮质骨形成,提高去卵巢大鼠骨的机械性能。

1.3 对骨代谢的影响

振动对绝经后骨质疏松患者骨代谢影响的研究较少,对动物骨代谢的研究尚未见报道。有研究发现,25—45Hz 频率、2.0g—6.0g 幅度范围的振动能引起 BMD 增加和骨结构等的改变,但不能引起绝经后妇女的骨代谢指标骨钙素、I 型胶原 C 末端肽显著性变化^[5]。Iwamoto 等^[15]将 50 例绝经后骨质疏松患者分为 2 组:阿仑膦酸盐组(ALN)组和 ALN+EX(振动组),振动组给予 1 次/周,4min/次,连续 12 个月的 20Hz 的振动刺激,结果发现,两组尿中 I 型胶原 N 末端肽(NTX)和总碱性磷酸酶(ALP)水平都有所下降,但两组 NTX 和 ALP 下降幅度并没有显著性差异。这可能是由于振动对 BMD 的积极影响并不是由于骨吸收降低而引起^[15]。

也有作者对振动训练前后的健康成人(21 例男性,35 例女性,年龄 19—38 岁)的骨代谢指标进行研究,结果发现,受试者的血清总碱性磷酸酶(TALP)和 BMD 都没有显著性改变^[16],这可能与该年龄阶段骨量仍处于峰值,振动不能刺激骨转化指标和骨量明显变化有关。

由上可知,实验中采用的刺激肌肉和骨组织有效的振动频率相似,基本上都在 30—50Hz 之间,并且达到每星期至少 3 次、每次大于 10min 以上的刺激时间,可以防止绝经后骨丢失,改善骨结构和机械性能,但对于振幅或加速度的研究则不明确。

2 WBV 影响绝经后骨质疏松的可能机制

2.1 肌动力学说

1 首都体育学院,北京海淀区北三环西路 11 号,100088

2 通讯作者:叶超群(首都体育学院体育保健与康复教研室,100088)

作者简介:刘洋,男,在读硕士

收稿日期:2007-04-09

研究表明,肌肉力量与 BMD 水平有关,并且具有定点效果^[3]。即对特定部位进行专门的力量训练可增加或保持这一部位的骨质。肌肉的收缩力在骨上产生局部应力,导致骨的生成增加。在振动平台上进行静止和伸膝运动,髌关节 BMD 呈显著性增加,但全身或腰椎 BMD 未见改变。另有文献显示,妇女中与年龄相关的骨丢失常伴随相应的肌力下降^[17],老年人握力增加与绝经后骨丢失下降有显著性意义^[18]。

而 WBV 是一种安全有效的提高肌肉力量的训练方法^[19],能有效的增加绝经后妇女和老年人的下肢力量^[3,20]、肌肉功率^[7,11]。35—40Hz,1.7—2.5mm,3 次/周,30min/次的 WBV 训练能非常显著的促进绝经后妇女等长与等张肌力^[3]。Roelants 等^[21]将 89 例停经后妇女随机分成 WBV 组(35—40 Hz,2.5—5.0mm,3×60s/次,3 次/周)、抗阻训练组及控制组,24 周训练后发现,12 周的 WBV 有助于促进老年妇女的膝伸肌肌力、膝关节动作速度及纵向弹跳能力。

肌动力学说部分解释了这一研究结果^[22],认为肌肉可发放低值高频的力刺激,这种刺激对骨是一种敏感刺激,自然绝经后,随着年龄的增加,肌肉逐渐萎缩,导致这种低值高频的力刺激减弱。而全身振动刺激可模拟肌肉发放冲动频率范围^[23],诱导肌肉产生张力性牵张反射^[11,24],反射性引起不随意收缩的肌肉收缩,肌肉收缩不断在骨上产生局部应力,从而引起骨密度变化;同时,振动刺激还会诱使神经冲动发放频率加快,同步性增强。从而提高肌肉的力量、反应能力和协调能力^[20]。有文献报道,振动刺激的效果还与肌肉的初始长度有关^[25],受到牵拉的肌肉对振动刺激的反应更加敏感,引起的收缩更加强烈。

但 Verschuereen 等^[3]认为,BMD 的增加与肌肉力量的增加不存在相关性。理由是,WBV 组股四头肌等长肌力净增加 17.6%($P<0.001$),等张肌力增加 14.2%($P<0.001$),髌 BMD 增加 0.93%($P<0.05$)。但抗负荷组下肢力量增加,却并没有引起 BMD 相应增加。这可能是因为抗负荷组由 20RM 到 8RM 的刺激强度不足以引起 BMD 发生显著性改变。

2.2 骨血灌注的增加

全身振动能显著性改变骨中血流,引起骨血灌注的增加。研究发现,绝经后妇女腰椎骨灌注峰值增加率与 BMD 增加呈非常显著性相关^[26]。应用机械振动刺激或模拟与 II a 型收缩率频率范围(20—60Hz)相似的频率,有利于骨血灌注,从而引起骨生长增加和抑制骨量丢失^[27]。Stewart 等^[28]发现,45Hz,0.2g 的足部振动能使围绝经期妇女小腿血流增加 30%,骨盆血量增加 26%,胸部血量增加 20%。这可能是因为全身振动改变了腿部血液动力学,产生高压,显著性的增加外周和系统血流、外周淋巴和静脉引流量,使得腿部骨血流灌注增加,从而增加了骨密度。研究中发现,振动频率与肌肉泵血功能有关。最近一些理论和实验也证明^[29]:保持应变信号常量(600εμ),将应力频率从 0.1Hz 增加到 10Hz,能增加髓内压并显著性地增加骨血流量。

此外,振动对神经肌肉和神经内分泌系统有混合作用。有研究认为,全身振动刺激与阿仑膦酸钠相结合,能显著减轻绝经后骨质疏松患者慢性背痛^[3]。同时,它有利于改善老年人平衡控制^[3,30],提高慢性中风病人姿势稳定性,增加男性生

长激素、睾酮水平,降低皮质醇浓度^[32]等。

3 小结

综上所述,WBV 具有很强的成骨效应,在治疗骨质疏松症及预防老年性骨丢失方面,具有重要的临床应用价值和广阔的发展前景。但在现有的研究中,仍有诸多问题值得探讨:①有关振动对肌肉力量影响的研究报道较多,对骨量的影响研究较少,尤其是骨强度;②WBV 能增加男性生长激素、睾酮水平,降低皮质醇浓度,但 WBV 是否对绝经后骨质疏松内分泌系统产生影响,其内分泌机制又是如何,也是我们探索的问题之一;③动物和人体的实验结果有很大差异,并且适宜的、有效的人体振动模式尚不完善;④振动效果可能与受试者的年龄、体重、平时运动情况等相关。如何依据不同的人群,探讨适宜的振动强度、时间等参数,也应深入研究。总之,全身振动是一种简便、有效的物理性防治绝经后骨质疏松的方法。开发出有效、安全的振动模式与方法,对于提高绝经后妇女的生存质量、防止骨质疏松的发生有重要意义。

参考文献

- [1] Jens Jordan. Good vibrations and strong bones[J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2005, 288: R555—R556.
- [2] Rittweger J, Just K, Kautzsch K, Reeg P, et al. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise: a randomized controlled trial [J]. Spine, 27 (17):1829—1834.
- [3] Verschuereen SMP, Roelants M, Delecluse C, et al. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study [J]. J Bone Miner Res, 2004, 19:352—359.
- [4] Hannan MT, Cheng DM, Green E, et al. Establishing the compliance in elderly women for use of a low level mechanical stress device in a clinical osteoporosis study [J]. Osteoporos Int, 2004, 15(11): 918—926.
- [5] Ettinger B, Black DM, Mitlak BH, et al. Reduction of vertebral fracture risk in postmenopausal women with osteoporosis treated with raloxifene: Results from a 3-year randomized clinical trial. Multiple Outcomes of Raloxifene Evaluation (MORE) Investigators[J]. JAMA, 1999, 282:637—645.
- [6] Rubin C, Recker R, Cullen D, et al. Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety[J]. J Bone Miner Res, 2004, 19:343—351.
- [7] Russo CR, Lauretani F, Bandinelli S, et al. High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women [J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2003, 84 (12):1854—1857.
- [8] Oxlund BS, Ortoft G, Andreassen TT, et al. Low-intensity, high-frequency vibration appears to prevent the decrease in strength of the femur and tibia associated with ovariectomy of adult rats[J]. Bone, 2003, 32(1): 69—77.
- [9] Lohman T, Going S, Pamentier R, et al. Effects of resistance training on regional and total bone mineral density in premenopausal women: a randomized prospective study [J]. J Bone Miner Res, 1995, 10:1015—1024.
- [10] Flieger J, Karachalios T, Khaldi L, et al. Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats [J]. Calcif Tissue Int, 1998, 63(6): 510—514.
- [11] Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study [J]. J Bone Miner Res, 2003, 18:876—884.
- [12] Rubin C, Turner AS, Muller R, et al. Quantity and quality of trabecular bone in the femur are enhanced by a strongly anabolic, noninvasive mechanical intervention[J]. J Bone Miner

- Res, 2002, 17: 349—357.
- [13] Rubin C, Turner AS, Mallinckrodt C, et al. Mechanical strain, induced noninvasively in the highfrequency domain, is anabolic to cancellous bone, but not cortical bone [J]. Bone, 2002,30:445—452.
- [14] Zhang P, Tanaka SM, Jiang H, et al. Diaphyseal bone formation in murine tibiae in response to knee loading [J]. J Appl Physiol, 2006, 100(5): 1452—1459.
- [15] Iwamoto J, Takeda T, Sato Y, et al. Effect of whole-body vibration exercise on lumbar bone mineral density, bone turnover, and chronic back pain in post-menopausal osteoporotic women treated with alendronate [J]. Aging Clin Exp Res, 2005, 17(2): 157—163.
- [16] Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study [J]. J Bone Miner Res, 2003,18:876—884.
- [17] Gutin B, Peterson M, Galsworthy T, et al. A screening and counseling program for prevention of osteoporosis [J]. Osteoporosis Int, 1992,2(5): 252—256.
- [18] Sirola J, Tuppurainen M, Honkanen R, et al. Associations between grip strength change and axial postmenopausal bone loss —a 10-year population-based follow-up study [J]. Osteoporosis Int, 2005, 16(12):1841—1818.
- [19] Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training[J]. Med Sci Sports Exerc, 2003,35:1033—1041.
- [20] Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you[J]? British Journal of Sports Medicine, 2005,39:585—589.
- [21] Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women [J]. J Am Geriatr Soc, 2004,52: 901—908.
- [22] Froster KR, Schwan HP. Dielectric properties of tissues and biological materials: A critical review [J]. Crit Rev Biomed Eng, 1989,17(1):25—104.
- [23] Fritton JC, Rubin CT, Qin YX. Whole body vibration in the skeleton: development of a resonance based device [J]. Ann Biomed Eng, 1997,25:831—839.
- [24] Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance[J]. Med Sci Sports Exerc, 2002,34:1523—1528.
- [25] Issurin VB, Liebermann DG, Tenenbaum G. Effect of vibration stimulation training on maximal force and flexibility[J]. Journal of Sports Sciences, 1994,12:237—246.
- [26] Shih TT, Liu HC, Chang CJ, et al. Correlation of MR lumbar spine bone marrow perfusion with bone mineral density in female subjects[J]. Radiology, 2004, 233: 121—128.
- [27] Huang RP, Rubin C, McLeod KJ. Changes in postural muscle dynamics as a function of age [J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 1999, 54: B352—B35.
- [28] Stewart JM, Karman C, Montgomery LD, et al. Plantar vibration improves leg fluid flow in perimenopausal women [J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2005, 288: 623—629.
- [29] Qin YX, Lin W, Rubin C. The relationship between bone fluid flow and adaptation as stimulated by intramedullary hydraulic loading[J]. Trans Orth Res Soc, 2001, 26:319.
- [30] Priplata AA, Niemi JB, Harry JD, et al. Vibrating insoles and balance control in elderly people [J]. Lancet, 2003, 362(9390): 1123—1124.
- [31] van Nes IJ, Geurts AC, Hendricks HT, et al. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2004, 83(11):867—873.
- [32] Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, et al. Hormonal responses to whole-body vibration in men[J]. Eur J Appl Physiol, 2000, 81: 449—454.

·综述·

改良踝足矫形器的应用进展

孟殿怀¹ 王 彤¹

矫形器是以减轻身体运动功能障碍为目的的一种体外装置,其中应用于踝关节的矫形器称为踝足矫形器(ankle-foot orthosis, AFO),也称小腿矫形器。常见的 AFO 有全接触塑料 AFO、带踝关节铰链的塑料 AFO、金属条 AFO、免荷 AFO 和软性 AFO 五种^[1]。

AFO 常用于先天性或后天性内外翻足、尖足和各种瘫痪性疾病引起的踝足关节不稳等,可起到扩大足与地面的接触、加强对体重的支持、踝足关节的稳定、改善步态、防止踝足部变形等作用^[2];同时 AFO 常用于踝与后足部疾患^[3],以帮助减轻疼痛和稳定关节。由于 AFO 的应用范围较广,且没有根据具体情况进行调整,因此也有着明显不足:①关节(包括踝与足部关节)活动范围受限,长期穿戴导致局部肌肉功能下降;②形体过大,增加了局部皮肤受压的可能,可引起红肿、水泡,甚至破溃、感染等;③限制了足离地时蹬地动作,加上其对下肢额外的重量负荷,导致步态僵硬、不协调等。正因为有这些不足,多年来临床医生与科研工作者一直在寻求各种各样的改良方式,以求在现有标准 AFO 作用的基础上,附加某些治疗或保护性功能。本文就踝足矫形器的改良与应用

进展作一综述。

1 带抑制条的 AFO(AFO with inhibitor bar)

Bronkhorst 和 Lamb^[4]在 1987 年最早开始在 AFO 上增添一个抑制条,以降低脑瘫患者的跖屈肌张力(图 1)。抑制条是一个位于远节趾骨和中间趾骨之间的衬垫,其应用目的是降低远段趾骨的压力,以避免诱发屈趾反射,并最终降低下肢的跖屈肌张力。Diamond 等^[5]的研究表明,带抑制条的 AFO 可以提高偏瘫患者的步行能力。

目前还没有研究表明带抑制条的 AFO 可以降低步行时的肌张力。Crenshaw 等^[6]的报道指出,对于患有先天性痉挛性麻痹的儿童所使用的铰链式 AFO,附加抑制条与否,没有显著的功能性差异。

虽然带抑制条的 AFO 是否能够改善痉挛步态仍不确

¹ 南京医科大学第一附属医院康复科,210029

作者简介:孟殿怀,男,主治医师

收稿日期:2007-05-17