

· 综述 ·

运动疗法在原发性骨质疏松症中应用的研究进展*

伍中庆¹ 吴宇峰¹ 张文宙^{1,2}

随着社会老龄化的发展,骨质疏松症(osteoporosis, OP)已成为严重威胁老年人和绝经后妇女的健康问题,对人体的危害要大大超过肺癌、脑卒中及心脏病等^[1],尤其是髋部骨折^[2]和脊柱骨折^[3-4]。因此,有效的防治 OP,是防止绝经后妇女和老年人发生骨折的重要措施。运动疗法具有副作用小、经济、简单易行的特点,其促进骨密度增加的机制与激素治疗(hormone replace treatment, HRT)不相同,与药物疗法结合可更有效地防治 OP^[5]。因此,原发性 OP 的运动疗法已成为骨科和骨质疏松学研究的一个新课题。

1 运动防治骨质疏松的机制

1.1 运动对骨的机械应力效应

Wolff 定律提出:骨骼结构和所受机械负荷之间存在确切的对应关系,机械负荷决定着骨骼结构。Frost^[6]在此基础上提出“力学稳态理论”来解释机械负荷引起骨量重新分配而适应力学环境的机制:作用于骨骼的机械负荷的大小是决定骨骼进行骨塑建或骨重建的重要因素。当运动条件下,运动负荷通过直接施加在骨骼的机械作用和肌肉收缩力的间接作用,提高了应变。当达到骨塑建的阈值,骨组织感受器发出合成和分泌的特定信号指令,可促进骨芽细胞的增殖和分化,对骨形成起到促进作用。根据 Wolff 定律和 Frost 的“力学稳态理论”,骨量与应力成正比,骨骼在经常应力作用处生长多,而在少应力作用处吸收多,如同达尔文的“用进废退”学说。Darren^[7]在分子水平上分析了运动应力对骨的改变和生长发育起着重要的调节作用:应力刺激引起骨间隙液体运动,可使细胞活动的方向与方式改变,增加营养和代谢物质转运,同时使成骨细胞与破骨细胞间产生钙流,并伴随着前列腺素、生长因子等流动,最终促进骨形成,抑制骨溶解;应力刺激诱导液体流动,同时也会引起骨组织的电学作用,从而产生负压电位,而易于结合胶原和羟磷灰石等阳性钙离子,按 1:1 比例构成骨,促进骨形成。运动对骨的机械应力效应在防治 OP 上的作用,现已被人们所重视。Frost^[6]同时指出:激素、钙和维生素在增加骨密度和骨量上起的作用仅为 3%—10%,而力学的应力则在 40%以上。说明运动对骨的机械

应力效应相当重要,在骨应力不足情况下补充过多的钙对增加骨密度和骨量方面是无太大作用的。

1.2 运动负荷对骨的直接刺激作用

骨细胞是骨的初级感应细胞,能直接被外力激活,对外界机械刺激做出反应。Burger 等^[8-9]认为骨陷窝和骨小管是感应和传导机械刺激信号的结构,骨细胞通过骨表面细胞与骨间隙和周围骨细胞保持联系,它们对机械刺激的反应是激活基因、产生生长因子及基质,从而加快骨代谢。骨骼在承受机械负荷时可促使骨细胞将基质所承受的机械压力转换为化学信号,再传递给成骨和破骨细胞,以调节骨的重塑。在不同运动项目中,运动负荷是通过不同的途径对骨骼产生影响的,其中骨骼的受力方向起着重要的作用,纵跳等高强度冲击性运动对骨的刺激,改变了骨的内外结构^[10]和形状^[10],引起骨吸收和骨形成的变化,一些学者把这种现象称为“骨的功能性适应”,即骨骼适应载荷的需要而改变。黄何平等^[11]报道 20—65 岁人群纵跳高度与跟骨骨密度和骨强度存在线性关系,在安全范围内纵跳高度越高,对跟骨的直接刺激越大,其骨密度和骨强度越高,骨折危险性随之降低。

1.3 运动负荷对骨的间接刺激作用

运动负荷对骨的间接刺激是指运动中肌肉收缩产生的拉力、挤压力和剪切力对骨骼的作用。Wolff 定律提出应力或机械负荷可通过肌肉和跟腱作用于骨,从而影响到骨的形成和重塑。Kam 等^[12]总结了 1996 年—2008 年 6 月国外相关研究报告,提出进行至少 1 年以上负重或有氧运动的肌肉锻炼可增强骨密度,从而降低发生骨折的机会。Renno 等^[13]研究指出与非运动组相比,不仅去卵巢运动骨质疏松组大鼠的骨力量、重量和骨密度都显著增加,而且比目鱼肌和胫骨前肌的重量也显著大于非运动组,说明跳跃运动对骨质疏松大鼠的骨骼和肌肉都有刺激效应,肌肉的过度生长能刺激骨量含量。朱燕等^[14]通过研究表明原发性 OP 患者的腰屈伸肌群下降明显,因为原发性 OP 患者常年疼痛并缺乏正确康复训练,运动量不足,骨骼缺乏肌力的刺激作用而导致骨量下降的同时也导致腰屈伸肌群发生废用性肌萎缩和肌力的下降。运动对骨的刺激作用亦可导致骨形成相关调节因子

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2011.02.032

* 基金项目:2009 年中山市专项规划及调研课题基金(研[2009]99 号)

1 广东省中山市中医院骨三科,528400; 2 通讯作者

作者简介:伍中庆,男,教授,主任医师; 收稿日期:2010-09-06

(如雌激素、甲状旁腺激素、1,25(OH)₂D₃、降钙素等)产生变化,从而影响骨代谢,促进骨形成大于骨吸收,最终使骨矿物质含量增加^[15]。运动疗法与钙、维生素D均有协同效应,三者结合能协同减少骨丢失、促进钙的吸收和新骨的形成,其影响主要发生在松质骨^[16-17]。

2 运动疗法的要素

2.1 运动年龄

骨的代谢在人的一生中不断发生着变化,儿童、青少年处于生长发育的旺盛期,骨密度会持续增加直至最高峰值。骨峰值是决定进入老年阶段是否发生骨质疏松的重要因素。近年来,相关研究已明确OP的发病与儿童及青少年时期骨量堆积不足(即峰值骨量低)有直接的关系,预防骨质疏松的关键在于建立足够的骨峰值。在青少年期开始进行体育运动能够显著提高骨的质量,为骨构建的最佳时期,可增加骨峰值,而且有证据^[18]表明在儿童及青少年期就开始进行积极运动对于增加骨密度是一个积极、有效且持久的因素。因此青少年期即开始坚持体育运动,将使生长期运动所获得的骨量增加在对抗增龄性骨量丢失(老年性骨质疏松)中发挥重要作用。

关于女孩月经初潮期前的运动对其骨量影响的研究曾受到广泛关注;Lauderdale等^[19]的研究证实,女孩月经初潮年龄与成年骨密度呈负相关,初潮年龄早的女孩骨密度和峰值骨量获得速度大于初潮年龄晚的女孩;Kontulainen等^[20]对初潮前和初潮后开始训练的网球、壁球运动员在其运动量减少后5年的跟踪研究发现:虽然她们的训练次数、运动量均大幅度下降,可是无论是初潮前还是初潮后开始运动训练的队员,骨量都得到了很好的维持。

当职业运动员停止训练,或是经常运动的人减少运动量后,他们的骨密度有无明显变化?房冬梅^[21]综合了国内外相关报道,认为在生长期进行体育运动获得的骨量在完全停止运动训练后将逐渐丢失,但若在大运动量训练停止后仍然坚持进行一定量的运动将可以使这种运动增加的骨量得以维持,甚至可以继续增加。

人类约从40岁左右开始骨骼逐渐衰老,骨量逐渐下降。老年妇女由于老年退行性骨量丢失和绝经后骨量丢失的综合效应以及峰值骨量低于男性的特点,导致其发生骨质疏松的危险性显著高于其他人群。因此,科学合理的体育锻炼对这一人群显得尤为必要。多数学者报道,针对老年妇女的负重性有氧运动或者抗阻运动均可增加或者维持全身、髋部及腰椎的骨密度^[22]。但日本学者报道^[23]绝经后的女性只有在高强度下运动,其骨密度增高才会有效,一般强度的运动几乎观察不到其运动效果,这与刘忠民^[24]报道相符。

2.2 运动方式

文献报道的运动干预形式多样,有抗阻运动、有氧运动、

承重运动等,不同运动形式对OP影响的效果不尽相同。有氧运动如慢跑、快步走、登台阶,可以直接刺激骨形成或抑制骨吸收;渐进的抗阻运动能起到增强骨健康和改善骨关节功能的作用,对增强肌力和增加骨密度的效果优于耐力运动;平衡和灵活性训练如舞蹈、太极拳等主要用于预防跌倒。孙建翠等^[25]提出经力量和跳跃等运动训练后的跟骨骨质量指数要高于游泳和散步等有氧运动项目,规定运动时间、运动强度、运动频率的专项性和负重运动比有氧运动对改善老年性骨质疏松的效果尤为突出(运动强度以每分钟的心率变化为依据,运动的最佳心率范围=(220-年龄)×(70%-85%)范围内,运动频率为每周4-6次,每日1-2次,运动时间每次30-60min)。Madureira等^[26]为30名妇女设计一种平衡能力训练,坚持训练1年后测试结果表明,平衡训练能显著改善身体动、静态平衡能力,减少骨质疏松患者因摔跤导致骨折的机会。近年来,对包括老年人在内的非运动人群进行渐进抗阻训练是较新的趋向^[26],渐进抗阻运动对身体机能要求不高,但对骨密度正性作用很大,因此,渐进抗阻训练的临床应用价值很高,适合大范围人群骨质疏松的预防与治疗,体弱的老年人也能从中受益。周欣兰等^[27]报道抗阻运动对更年期女性骨密度及骨代谢具有良好的影响,可使骨密度显著增加,血钙、碱性磷酸盐显著降低($P<0.05$)。在有氧锻炼中,长期、规律性的太极拳锻炼可以提高老年女性的静态平衡控制能力^[28],并在一定程度上促进OP患者的骨形成,阻止骨吸收^[29],太极拳运动在对预防骨质疏松与跌倒,提高老年人生存质量有积极的作用。不同运动形式对各部位骨骼的影响不同,多种运动形式结合在增加骨密度、延缓骨丢失方面,效果要优于单一的运动方式^[30]。

2.3 运动强度

运动强度既要达到相当程度以获得理想效果,又要控制在一定范围内以保证运动的安全性。运动强度常用最大心率的百分比表示,研究者在实验中多采用中等以上的运动干预强度(最大心率的60%-85%),因高负荷、高冲击性运动对骨的应力刺激作用大于耐力运动,在维持和提高骨密度方面有优势^[31-32];Kemmler等^[31]对围绝经期妇女的几个研究显示:大强度、高阻抗运动、负重运动、跳跃运动,以及冲击运动均不仅能抑制受力部位骨密度的下降,而且能增加骨粗度和骨矿物质含量,结果使妇女受力部位的骨变粗,骨孔洞减少,从而降低骨折的危险性。骨密度的变化是一种骨对机械负荷的适应,当达到稳定状态后,增大机械刺激并不引起骨质的增加,长期进行超过人体负荷的运动量反而会降低骨密度。因此,运动健身在于用正确的运动方式及强度,并持之以恒,运动的强度应视个人身体状况而定。绝经后的健康妇女可以适当进行强度较大的抗阻运动或承重练习,而年老体弱或已经患有OP的妇女,可以在看护和指引下,进行中等强度的有氧运动、平衡训练或渐进抗阻运动。

综上所述,运动疗法对骨质疏松的防治有确切作用,其作用机制的研究正逐步深入,运动处方的制定也不断完善。应用运动疗法防治OP,运动的年龄、方式和强度是重要的影响因素。青少年期即坚持进行积极的运动锻炼能显著提高人的骨密度峰值,对老年后的OP防治有积极的意义,故运动锻炼应从青少年期即开始实行,并持之以恒。绝经后妇女和老年人通过适当的运动也能有效地改善骨质疏松,但需根据具体年龄、体质来设计合理化的运动方式和运动强度。主要原则为既要提高骨量、骨质量,达到防治骨质疏松之目的,又应注意运动安全,避免发生损伤与骨折,同时也要联合药物、饮食等其他疗法。

参考文献

- [1] Keen R. Osteoporosis: strategies for prevention and management [J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2007, 21(1): 109—122.
- [2] Madureira MM, Takayama L, Gallinaro AL, et al. Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial [J]. Teoporos Int, 2007, 18(4): 419—425.
- [3] Dontas IA, Yiannakopoulos CK. Risk factors and prevention of osteoporosis-related fractures [J]. J Musculoskele Neuronal Interact, 2007, 7(3): 268—272.
- [4] Maclaughlin EJ, Sleeper RB, McNatty D, et al. Management of age-related osteoporosis and prevention of associated fractures [J]. Ther Clin Risk Manag, 2006, 2(3): 281—295.
- [5] Milliken LA, Going SB, Houtkooper LB, et al. Effects of exercise training on bone remodeling, insulin-like growth factors, and bone mineral density in postmenopausal women with and without hormone replacement therapy [J]. Calcif Tissue Int, 2003, 72(4): 478—484.
- [6] Frost HM. The role of changes in mechanical usage set point in the postmenopausal of osteoporosis [J]. J Bone Miner Res, 1992, 7(2): 251—253.
- [7] Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence [J]. CMAJ, 2006, 174(6): 801—809.
- [8] Burger EH, Klein-Nalend J. Mechanotransduction in bone—role of the lacuno-canalicular network [J]. FASEB J, 1999, 13: s101—112.
- [9] Burguera B, Hofbauer LC, Thomas T, et al. Leptin reduces ovariectomy-induced bone loss in rats [J]. Endocrinology, 2001, 142(8): 3546—3553.
- [10] Styrkarsdottir U, Halldorsson BV, Gretarsdottir S, et al. Multiple genetic loci for bone mineral density and fractures [J]. N Engl J Med, 2008, 358(22): 2355—2365.
- [11] 黄何平, 宁亮生, 温志宏. 跟骨骨密度及骨强度与运动的关系 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(46): 9134—9137.
- [12] de Kam D, Smulders E, Weerdesteijn 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.
- [13] Renno AC, Silveira Gomes AR, Nascimento RB, et al. Effects of a progressive loading exercise program on the bone and skeletal muscle properties of female osteopenic rats [J]. Exp Gerontol, 2007, 42(6): 517—522.
- [14] 朱燕, 房敏, 严隽陶, 等. 原发性骨质疏松症患者的腰屈伸等速肌力评定 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(9): 792—798.
- [15] 张慧, 苏全生, 李新建, 等. 运动对骨组织代谢的影响 [J]. 中国临床康复, 2006, 10(16): 147—149.
- [16] Tromp AM, Bravenboer N, Tanck E, et al. Additional weight bearing during exercise and estrogen in the rat: the effect on bone mass, turnover, and structure [J]. Calcif Tissue Int, 2006, 79(6): 404—415.
- [17] Benton MJ, White A. Osteoporosis recommendations for resistance exercise and supplementation with calcium and vitamin D to promote bone health [J]. J Community Health Nurs, 2006, 23(4): 201—211.
- [18] Burr DB, Robling AG, Turner CH. Effects of biomechanical stress on bones in animals [J]. Bone, 2002, 30(5): 781—786.
- [19] Lauderdale DS, Salant T, Han KL, et al. Life-course predictors of ultrasonic heel measurement in a cross-sectional study of immigrant women from Southeast Asia [J]. Am J Epidemiol, 2001, 153(6): 581—586.
- [20] Kontulainen S, Kannus P, Haapasalo H, et al. Good maintenance of exercise-induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: a prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls [J]. J Bone Miner Res, 2001, 16(2): 195—201.
- [21] 房冬梅. 生长期运动性骨量增加对延缓增龄骨量丢失的作用 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(32): 6454—6457.
- [22] Martyn-St James M, Carroll S. High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis [J]. Osteoporos Int, 2006, 17(8): 1225—1240.
- [23] 石见佳子. 骨代谢和运动激素 [J]. 日本体育科学, 2004, 54(1): 38—42.
- [24] 刘忠民, 高喆, 宋哲明, 等. 运动对不同年龄女性跟骨骨密度的影响 [J]. 吉林大学学报(医学版), 2005, 31(3): 452—454.
- [25] 孙建翠, 崔西泉. 有氧健身运动对老年性骨质疏松的影响 [J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(17): 1326—1328.
- [26] 李建华. 渐进抗阻训练对骨密度的影响回顾 [J]. 国外医学·物理医学与康复分册, 2000, 20(4): 171.
- [27] 周欣兰, 徐晓阳. 抗阻运动对更年期女性骨代谢的影响 [J]. 广州医学院学报, 2009, 37(4): 15—18.
- [28] 刘崇, 闫芬, 李颖, 等. 太极拳、健步走对改善女性老年人静态平衡功能效果的对比研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2009, 24(5): 445—447.
- [29] 明亮, 何予工, 黄宗强. 运动对骨质疏松症骨代谢生化指标的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(7): 496—497.
- [30] Kemmler W, von Stengel S, Weineck J, et al. Exercise effects on menopausal risk factors of early postmenopausal women: 3-yr Erlangen fitness osteoporosis prevention study results [J]. Med Sci Sports Exerc, 2005, 37(2): 194—203.
- [31] Kemmler W, Engelke K, Von Stengel S, et al. Long-term four-year exercise has a positive effect on menopausal risk factors: the Erlangen fitness osteoporosis prevention study [J]. J Strength Cond Res, 2007, 21(1): 232—239.
- [32] Eugele K, Kemmler W, Lauber D, et al. Exercise maintains bone density at spine and hip EFOPS: a 3-year longitudinal study in early postmenopausal women [J]. Osteoporos Int, 2006, 17(1): 133—142.