

· 综述 ·

肌肉组织和脂肪组织对绝经后女性骨密度及骨强度的影响及作用机制

王昌军¹ 尹宏^{2*}

1. 南京中医药大学, 江苏 南京 210029

2. 南京市中医院, 江苏 南京 210001

中图分类号: R681 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2019) 10-1502-07

摘要: **目的** 探讨肌肉组织和脂肪组织对绝经后女性骨密度及骨强度的影响及作用机制。**方法** 检索近 10 年来研究绝经后女性肌肉和(或)脂肪对骨密度和(或)骨强度的影响的专业文献以及研究肌肉、脂肪和骨骼相互影响的具体机制的实验报告, 综合分析肌肉组织和脂肪组织对绝经后女性骨密度及骨强度的影响及作用机制。**结果** 多数研究表明肌肉组织含量及肌力可能是骨密度和骨强度的重要决定因素, 骨髓脂肪会对骨骼产生不利影响, 而髓外脂肪对骨密度及骨强度的影响则尚未达成一致认识; 无论是肌肉组织还是脂肪组织, 均可通过力学作用和化学调节两方面影响骨代谢, 从而影响骨密度和骨强度, 但其具体机制尚未完全阐明。**结论** ①肌肉组织是骨密度及骨强度的重要影响因素, 其在力学因素和化学调节等多方面对骨骼起到正向保护作用, 但具体机制尚需进一步研究。②骨髓脂肪增多与骨质疏松症负性相关已被认可, 而髓外脂肪组织对骨密度及骨强度影响较为复杂, 有待进一步研究探讨。③对于绝经后女性而言, 通过合理锻炼和饮食等方式维持肌肉含量和肌力以及一定范围的体脂, 对防治骨质疏松有重要的积极意义。

关键词: 肌肉组织; 脂肪组织; 绝经后女性; 骨密度; 骨强度

Effects of muscle and adipose tissue on bone mineral density and bone strength in postmenopausal women and its mechanism

WANG Changjun¹, YIN Hong^{2*}

1. Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029

2. The Third Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine Jiangsu, Nanjing 210001, China

* Corresponding author: YIN Hong, Email: hongy6011@163.com

Abstract: **Objective** To explore the effects of muscle and adipose tissue on bone mineral density and bone strength in postmenopausal women and its mechanism. **Methods** The professional literature on the effects of muscle and/or fat on bone mineral density and/or bone strength in postmenopausal women in the past 10 years and the experimental reports on the specific mechanisms of muscle, fat and bone interactions were retrieved. The effects of muscle and adipose tissue on bone mineral density and bone strength in postmenopausal women and its mechanism were analyzed comprehensively. **Results** Most studies showed that muscle tissue content and muscle strength may be important determinants of bone mineral density and bone strength. Bone marrow fat had an adverse effect on bones. However, the effect of extramedullary fat on bone mineral density and bone strength has not yet been agreed. Both muscle and adipose tissue can affect bone metabolism through mechanical action and chemical regulation, thus affecting bone mineral density and bone strength. However, its specific mechanism has not been fully elucidated. **Conclusion** ①Muscle tissue is an important factor associated with bone mineral density and bone strength. It plays a positive role in the protection of bones in many aspects such as mechanical factors and chemical regulation, but the specific mechanism needs further study. ②The negative correlation between bone marrow fat and osteoporosis has been recognized, but the influence of extramedullary adipose tissue on bone mineral density and bone strength is complicated, and further research is needed. ③Maintaining of muscle mass and muscle strength and a certain range of body fat through reasonable exercise and diet have important

* 通信作者: 尹宏, Email: hongy6011@163.com

and positive significance for prevention and treatment of osteoporosis in postmenopausal women.

Key words: muscle tissue; adipose tissue; postmenopausal women; bone mineral density; bone strength

绝经后女性是骨质疏松症 (osteoporosis, OP) 的高发人群,目前临床上诊断 OP 仍是根据双能 X 线吸收测量法 (dual energy X-ray absorptiometry, DXA) 测出的骨密度 (bone mineral density, BMD)。然而 BMD 只是单纯的结构指标,虽然能准确反映骨的矿物质含量,但它没有将骨结构和材料特征、附着在骨骼上的肌肉数量、肌肉力量、关节活动功能等纳入,因此单纯地用 BMD 诊断 OP,预测骨折危险性,其准确性和敏感性均受到了较大的限制。而骨强度则不同,它是结构和功能的综合指标,包括骨矿密度和骨质量,能够更好地评价骨的抗骨折能力,从而更准确地诊断 OP,预测骨折风险^[1]。因此,近年来,除 BMD 外,骨强度也成为绝经后女性骨质疏松症的一大研究热点。调查发现,较高的体重是骨质疏松及其脆性骨折的保护性因素,而肌肉和脂肪之和占体重的 95%,研究表明肌肉量和脂肪量对 BMD、骨强度的影响作用是不同的,有必要进一步进行研究。BMD 方面,日前研究普遍指出绝经后女性的骨量与体脂和肌肉变化有关,并且存在部位差异^[2-5];骨强度方面,既往有研究^[6-7]认为脂肪组织是影响骨强度的主要因素,有的认为是肌肉组织而非脂肪组织决定骨强度^[8-9],也有^[10]认为脂肪组织和肌肉组织对骨强度的影响同等重要。这些研究结果为防治骨质疏松症提供了新的思路,笔者将就此作一综述。

1 绝经后女性骨密度和骨强度及体成分的变化

1.1 绝经后女性骨密度及骨强度的变化

部分地区曾做过流行病学调查,对不同年龄段的女性 BMD 值进行测量、统计、分析,结果发现女性在 40 岁之后,BMD 开始随年龄增长而下降,而从 50 岁左右开始骨量丢失加速,60 岁左右开始出现明显的骨质疏松改变,骨量的这种变化规律可能与女性绝经前后雌激素水平变化有关。并且从 60 岁开始髌部 BMD 明显低于同年龄组腰椎 BMD,因此诊断老年 OP 髌部 BMD 比腰椎 BMD 更精确^[11-13]。而我院一项前期研究表明,股骨颈 BMD (g/cm^2)、全髌 BMD (g/cm^2)、股骨颈皮质比率 (%)、股骨颈最小宽度 (mm) 等参数与老年女性髌部骨折具有显著相关性^[14],说明绝经后女性 BMD 及骨强度的下降易导致骨折的发生。

骨强度方面,马卫红等^[15]研究发现甘肃省藏族和汉族妇女绝经前骨强度指数明显均高于绝经后藏族和汉族妇女,说明女性在绝经后出现骨强度下降。而进一步研究发现,藏族女性骨强度分别在 18~29、30~39 岁达到峰值,之后随年龄增长骨强度下降,在 50 岁左右会出现一次剧烈下降,这与骨量加速丢失的时间点相一致^[16],而这极有可能与绝经有关。以上研究说明绝经后女性处于一个 BMD 及骨强度迅速下降的阶段,根据 BMD 和骨强度的变化规律采取适当的措施干预,对防治 OP、减少骨折发生有重要意义。

1.2 绝经后女性体成分的变化

绝经后女性因为体内激素水平改变以及年龄增长,出现一系列组织结构和器官功能改变,有研究^[17]表明女性在绝经后会依次发生 BMD 下降、脂肪向上身分布、全身肌肉组织下降和全身脂肪量的增加。有研究表明骨骼肌质量从 20 岁到 80 岁总体上下下降可高达 40%^[18],而增龄过程中骨骼肌质量的下降往往伴随着脂肪组织的堆积而不致引起体重的显著减轻,因此在这段时间内,影响 BMD 和骨强度的主要因素可能并不是体质量,而是肌肉组织和脂肪组织的绝对含量及相对比例。有研究表明脂肪组织在女性绝经后具有再分布现象,主要表现为体脂趋于上半身型脂肪分布^[19]。

因此,肌肉组织和脂肪组织对于 BMD 和骨强度确有重大影响,而这两者在女性绝经后会出现明显的变化,包括绝对含量、相对比例以及分布规律等等,一定程度上都会影响 BMD 和骨强度,需具体分析。

2 肌肉组织对绝经后女性骨密度及骨强度的影响及其机制

2.1 肌肉组织与骨密度的相关性

诸多研究发现肌肉重量是决定骨量的一个重要因素,但在具体作用部位方面研究结果不尽相同。大部分研究认为绝经后女性肌肉组织含量与全身各部位 BMD 变化呈明显正相关^[20-22],但有少量研究认为肌肉组织只对特定部位的 BMD 有作用,李炎等^[23]在研究中控制年龄和绝经因素后,发现只有躯干肌肉量与 BMD 较显著相关。Sheng 等^[24]研究发现肌肉组织含量对全髌部 BMD 更有决定作用。苏

丽叶·苏里堂江等^[2]研究发现绝经后女性腰椎 BMD 与腰大肌和竖脊肌呈正相关。

而近年来有研究显示,相较于肌肉含量,肌力对 BMD 的影响可能更大。聂伟志等^[25-26]研究发现体成分中主要是肌肉对 BMD 起决定作用,肌力对 BMD 的影响比肌肉成分更重要,肌肉对 BMD 的影响首先是通过动态负荷即肌力引起,其次才是静态负荷即肌肉本身产生的重力引起。王广伟等^[27]分析 144 例女性骨质疏松症患者腰部背伸肌力与 L₁₋₄ 平均 BMD 值发现腰部背伸肌力的变化与腰椎 BMD 呈正相关。

以上研究结果虽然不尽一致,但均支持肌肉组织与 BMD 变化呈正相关关系,而相较于肌肉含量,肌力对 BMD 的影响更大。

2.2 肌肉组织与骨强度的相关性

在分析骨强度的过程中,当力以人体的体重为单位时,骨的强度被称为抗骨折能力,其大小取决于骨的几何结构、BMD、骨骼的材料性能、体重及肌肉力量等诸多因素。如果不考虑性别、年龄和身高,局部肌肉强度是决定整个骨骼强度的重要因素^[28]。美国著名骨科专家 Forst 认为^[29]:肌力决定骨结构和骨量,使骨强度适应运动负荷。肌力的变化要先于骨强度的变化,并最终导致骨强度的变化。当废用或雌激素缺乏时,肌力下降的速度要快于骨强度下降的速度,而进行高强度运动或雌激素再补充时,肌力的提高要先于骨强度的提高。Gibbs 等^[30]研究发现瘦体重指数是桡骨远端和胫骨骨强度的重要决定因素,并且与中到成年晚期的骨骼强度呈正相关性。Hage 等^[31]研究发现绝经后女性瘦体重和髌骨强度呈正相关。

这些研究结果具有一致性,均支持肌肉组织与骨强度呈正相关,肌力与骨强度的正相关性较肌肉量更明显。

2.3 肌肉组织的影响机制

目前研究表明,肌肉组织主要通过力学作用和化学调节两个方面影响骨骼。力学作用包括肌肉组织本身的重量产生的重力以及肌肉通过收缩对骨骼产生的应力作用两个方面,两者同时作用,促进骨骼生长发育,使 BMD 和骨强度增加。而化学调节主要是指肌肉产生的化学物质,通过旁分泌机制作用于间充质细胞、成骨细胞、破骨细胞及骨细胞,从而调控骨代谢,促进骨形成和/或抑制骨吸收。

人体运动时,以肌肉收缩产生的力为主的应力系统开始对骨产生影响,在保证骨骼的健康方面有

着重要的作用。Qin 等^[32]通过对脊柱损伤患者进行电刺激诱导肌肉收缩,进而减少骨质丢失的研究,提出肌肉收缩可减少破骨细胞生成,促进成骨细胞增殖,其机制可能与血清 I 型胶原蛋白 C 端端肽、核因子 κ B 活性受体的量相关。与之相对应的是 Edwards 等^[33]发现,如若习惯性的运动缺失,像卧床、瘫痪等则会引起快速大量的骨矿质的丢失。骨骼肌不仅通过力学作用对骨骼产生影响,还能通过化学作用对骨骼发挥作用。

越来越多研究认为肌肉也是一种内分泌器官,其产生的各种“肌肉因子”——胰岛素样生长因子 1 (insulin-like growth factor-1, IGF-1)、成纤维细胞生长因子 21 (fibroblast growth factor-21, FGF-21)、肌肉生长抑制素 (myostatin)、鸢尾素 (Irisin)、白介素 6 (interleukin-6, IL-6)、IL-7、IL-15、骨形成蛋白 (bone morphogenetic protein, BMPs)、Osteoglycin (OGN)、FAM5C 等,这些因子能通过旁分泌或内分泌机制作用于各类骨细胞和/或骨骼肌,调控骨形成和/或肌肉生长,从而影响 BMD 及骨强度。日前有动物实验及体外实验表明,IGF-1、FGF-21、IL-7、IL-15、Irisin、BMPs、OGN、FAM5C 等对骨骼和/或肌肉生长具有积极调节作用,Myostatin、IL-6 等则具有抑制作用^[34]。IGF-1 具有够维持 BMD 和促进骨形成的作用^[35],Miyake 等^[36]研究发现血清 IGF-1 水平降低与绝经后妇女非椎体骨质疏松性骨折风险增加有关。有学者研究发现骨质疏松症发病与 Irisin 水平的降低相关^[37],这可能与 Irisin 可以通过刺激骨形成和减少破骨细胞的数量来增加皮质骨骨量以及提高骨强度有关^[38]。而 Choi 等^[39]研究 115 名绝经后妇女发现血清 FGF21 水平表现出与 BMD 和 T 值无显著相关性,覃丽英等^[40]研究 175 名绝经后女性发现血肌肉生长抑制素浓度与肌肉量及骨量无相关。

临床研究与动物研究结果存在差异,说明目前发现的“肌肉因子”虽然在骨代谢中有重要作用,对 BMD 及骨强度也有一定影响,但其机制比较复杂且相互之间存在影响,日前还未研究清楚,无法应用于临床实践。相比之下,肌肉组织在力学方面对 BMD 和骨强度的正面影响是明确的,绝经后女性 BMD 和骨强度的下降,往往和肌肉量及肌力下降有关。因此,可通过适当锻炼维持较高的肌肉量及肌力来维持 BMD 和骨强度在一定的水平,延缓 OP 进展,降低骨折发生率。

3 脂肪组织对绝经后女性骨密度及骨强度的影响及其机制

脂肪组织对绝经后女性 BMD 及骨强度的影响仍存在争议,根据目前研究结果,我们认为不同部位的脂肪组织对 BMD 及骨强度的影响不尽相同。将脂肪组织按局部解剖部位可分为^[41]:① 总脂肪组织(total adipose tissue, TAT),是脂肪组织的总和,不包括骨髓和头部、手和脚的脂肪组织。② 皮下脂肪组织(subcutaneous adipose tissue, SAT),为真皮和筋膜与肌肉之间的脂肪组织。③ 内部脂肪组织(internal adipose tissue, IAT),为 TAT 减去 SAT 的结果,包括 VAT 和非内脏 IAT(non-visceral IAT)。VAT 一般指胸部、腹部和骨盆的脂肪组织,非内脏 IAT 主要为肌内和肌间的脂肪组织。④ 脂肪组织异位和骨髓脂肪组织(bone marrow adipose tissue, BMAT)等。目前, BMAT 增加与 OP 发生、发展密切相关已被大量研究证实^[42-43],而骨髓外脂肪组织与 OP 的相关性究竟如何,尚未得到完整的阐释。

3.1 髓外脂肪组织对骨密度的影响

目前大部分学者认为脂肪和 BMD 呈正相关,但结果不尽相同。陈文聪等^[5]研究发现脂肪与女性全身、股骨颈 BMD 显著正相关。蔡思清等^[44]研究得出了相似结论。Fu 等^[45]调查了 267 名平均年龄为(61.0±7.2)岁的中国绝经后女性发现,全身脂肪含量、全身肌肉组织含量与全身各部位 BMD 呈显著正相关,但全身脂肪含量对 BMD 的影响更大。而有研究认为脂肪组织并不是对所用部位 BMD 均起作用。Saarelainen 等^[46]提出躯干脂肪含量是腰椎 BMD 的决定因素,二者呈正相关,但与髌部 BMD 无相关性。Dytfeld 等^[47]认为脂肪含量仅与股骨颈 BMD 呈正相关。Sheng 等^[24]通过研究我国中南部绝经后妇女发现,脂肪量和瘦体重与腰椎和髌部的 BMD 相关,脂肪量是腰椎 BMD 的最重要决定因素。马毅民^[48]研究发现女性 VAT 与髌关节 BMD 存在正相关,与腰椎 BMD 无相关性。而王玲^[49]则研究发现在大于 55 岁老年组人群,无论腹内脂肪组织还是皮下脂肪组织与 BMD 均无相关性。

这些研究结果之间存在差异,一方面可能是因为研究的样本之间存在差异,另一方面可能是因为脂肪组织对 BMD 的影响较为复杂。脂肪组织可能在一定体重范围内与骨量存在正相关性,而当超重/肥胖时,由于并发 2 型糖尿病、心血管疾病等,反而引起 BMD 降低。并且,脂肪组织在女性绝经后会出

现再分布现象,这种再分布现象可能是造成研究结果差异的原因,可进一步研究验证。

3.2 髓外脂肪组织对骨强度的影响

目前,关于体成分对骨强度的研究较少,Shao 等^[50]回顾性分析 528 名年龄在 48.7~83.1 岁的中国健康绝经后女性的 DXA(测量股骨颈、髌部 BMD、四肢、腹部、臀部、总体的脂肪含量及肌肉含量)结果,发现在除外年龄、绝经年限、身高、体质量、BMI 等混杂因素后,四肢脂肪(相当于 SAT)对髌部骨强度起明显保护性作用,而腹部-臀部脂肪比与髌部骨强度呈明显的负相关。因此,他们认为脂肪分布可能对骨骼健康的影响更大,而不是总体脂肪的多少,这为接下来的研究指出了方向。

3.3 髓外脂肪组织的影响机制

有研究显示脂肪组织通过增加对骨骼的机械负荷和改变骨骼代谢来影响 BMD^[51]。随着腹部脂肪增加,腰椎作为力学支架承受的负荷也越大,从而有较高的 BMD。然而脂肪组织只占体重的 16%~25%,通过承重方式只能小部分的解释其对骨骼的正向作用,而当超重/肥胖时,由于并发 2 型糖尿病、心血管疾病等,反而引起 BMD 降低。因此,体重与 BMD 并非完全正相关关系,不能完全解释脂肪组织对骨骼的保护作用。

绝经后女性卵巢内分泌功能失调衰退,导致雌激素水平下降,从而导致破骨细胞的骨吸收大于成骨细胞的骨形成是绝经后骨质疏松症的重要发病机制^[52],而有研究表明脂肪组织可将雄烯二酮转化为有代谢活性的雌激素^[53],这是绝经后女性雌激素的主要分泌来源,一定程度上补充解释了脂肪组织对骨骼的保护作用。

同时脂肪作为一种内分泌器官,可以分泌脂联素、瘦素等。目前公认血浆脂联素水平与 VAT 和 BMI 呈负相关。一般认为脂联素有利于成骨和抑制体外破骨细胞的形成,可能有助于增加骨量。因此,肥胖者脂联素水平降低,可导致成骨减少、BMD 降低和骨折风险增加。然而有实验研究^[54]表明脂联素亦可通过降低依赖磷脂酯肌醇 3(PI3)激酶的 FoxO1 通道活性,抑制成骨细胞的增殖和诱导其细胞凋亡,降低骨量和循环骨钙素水平,两种作用分别在不同年龄段发挥主要作用。因此,脂联素在绝经后女性中对骨骼是保护性还是负性作用尚需进一步研究证实。瘦素由脂肪细胞分泌,是调节脂肪组织负反馈回路的一部分,它既促进成骨细胞的分化,对骨骼起保护作用^[54],也通过交感神经系统和可卡因

安非他明调节转录来抑制骨的形成,因此瘦素在骨骼中的确切作用目前仍然存在争议^[55],需要进一步研究。腹部脂肪还可以通过分泌炎症因子(如 IL-6)来抑制破骨细胞的激活和分化,使破骨细胞凋亡,从而减少骨的吸收^[56-57]。其他脂肪细胞分泌因子还有抵抗素、空腹引起的脂肪因子(FIAF)、内脂素、丝氨酸蛋白酶抑制剂等,目前研究较少。

因此,脂肪组织对 BMD 及骨强度的影响是复杂的,一方面,脂肪组织可通过承重对骨骼起到保护作用,还可以通过合成雌激素、分泌“脂肪因子”参与调控骨代谢,维持一定骨量;另一方面,体重对骨骼的保护作用不是无限的,当超重/肥胖时,反而会引起 BMD 降低,而部分“脂肪因子”对骨骼可能是双向调节作用,尚需进一步研究确定。同时,脂肪组织的作用还可能与其分布部位有关,有必要深入研究不同部位脂肪含量对骨密度和骨强度的影响。

4 分析讨论

4.1 肌少症与骨质疏松症

肌少症是与增龄相关的进行性、全身肌量减少和(或)肌强度下降或肌肉生理功能减退,其与活动障碍、跌倒、低 BMD 及代谢紊乱密切相关,是老年人生理功能逐渐减退的重要原因和表现之一,而增龄引起的骨骼肌质量下降,从 20 岁到 80 岁总体上可高达 40%。有研究者将肌肉减少症和 OP 相伴出现统称为活动障碍综合征^[58],两者增加骨折风险,严重影响老年人的生活质量,甚至缩短老年人的寿命,同时也会增加老年人的住院率及医疗花费。肌少症增加骨折风险主要与其引起骨密度降低相关,也与跌倒风险增加密切相关。肌少症存在肌肉的平衡性障碍或协调性紊乱,引起机体平衡能力减弱、步速减慢、身体摇摆性增加,因而增加跌倒风险,导致骨折发生。

越来越多的基础和临床研究表明肌肉和骨骼、肌肉减少症和 OP 之间存在呈明显正相关关系^[59-60],两者都与肌量、肌力密切相关。因此,通过适当锻炼和合理饮食促进肌肉和骨骼的合成代谢,可有效地维持 BMD 及骨强度在一定水平,一定程度上起到防止 OP 的作用^[61-62]。

4.2 肥胖症与骨质疏松症

OP 及肥胖症都是全球面临的严重公共卫生问题,以往研究表明较高的体重和/或体重指数是 OP 及其脆性骨折的保护性因素,然而当超重/肥胖时,往往引起 BMD 降低,这与脂肪组织在骨代谢中的复

杂作用有关。肥胖妇女一方面通过机械负荷刺激增加骨密度,另一方面通过脂肪组织转化分泌雌激素来维持血液循环中的雌激素水平,抑制骨吸收,与较瘦的妇女相比骨量丢失少。但是,脂量异常增多反过来又会增加 2 型糖尿病、心血管疾病等致病风险。有学者指出,2 型糖尿病患者尽管具有更高的 BMD 值,然而在校正一系列的混杂因素后其骨强度反而降低,易发生骨折^[63]。

因此脂肪组织只在一定范围内对骨发挥正向作用,而通过进一步研究总结出合适的体脂范围对指导绝经后女性防治 OP 有重要意义。

5 总结与展望

肌肉组织是 BMD 及骨强度的重要影响因素,其在力学因素和化学调节等多方面对骨骼起到正性保护作用。尽管当前在动物实验及体外实验中发现“肌肉因子”在骨代谢中有重要作用,对 BMD 及骨强度有一定影响,但其机制比较复杂且相互之间存在影响,目前还未研究清楚,要想应用于临床实践还需更多的研究支持。相比之下,肌肉组织在力学方面对 BMD 和骨强度的正面影响是明确的,绝经后女性 BMD 和骨强度的下降,往往和肌肉量及肌力下降有关。因此,通过适当锻炼维持较高的肌肉量及肌力来有效地保证 BMD 和骨强度在一定的水平,是当前延缓 OP 进展,降低骨折发生率的有效措施。

脂肪组织是影响 BMD 及骨强度的另一重要因素,当前 BMAT 增多与 OP 负相关已被认可,而 VAT、SAT 与 OP 相关性仍然存在不同观点,这与脂肪组织对 BMD 及骨强度影响的复杂性有关。一方面,脂肪组织可通过重量负荷对骨骼起到保护作用,还可以通过合成雌激素、分泌“脂肪因子”参与调控骨代谢,维持一定骨量;另一方面,体重对骨骼的保护作用不是无限的,当超重/肥胖时,反而会引起 BMD 降低,而部分“脂肪因子”对骨骼可能是双向调节作用,尚需进一步研究确定。同时,脂肪组织的作用还可能与其分布部位有关,有必要深入研究不同部位脂肪含量对 BMD 和骨强度的影响。

总之,对于绝经后女性而言,通过合理锻炼和饮食等方式维持肌肉含量和肌力以及一定范围的体脂,对防治 OP 有重要的积极意义。下一步的研究应致力于探明最佳的脂肪蓄积部位以及体脂范围,以制定措施干预女性绝经后的脂肪再分布过程,从而发挥脂肪组织对骨的正性作用。

【参 考 文 献】

- [1] 安珍.骨密度和骨强度对诊断骨质疏松症的意义[C].第一届全国骨矿研究年会会议文集, 2002;3.
- [2] 苏丽叶·苏里堂江,刘文亚,迪里木拉提·巴吾冬.绝经后女性腹部脂肪、椎旁肌肉和骨密度的相关性分析[J].中国骨质疏松杂志,2017,23(5):612-615.
- [3] 刘石平,李建伟,炊娟霞,等.绝经后女性的体成分与年龄和绝经的关系及其对不同部位骨密度的影响[J].中国骨质疏松杂志,2009,15(10):715-720,758.
- [4] 孙舒雅,尹宏,刘畅畅.绝经后骨质疏松妇女骨密度与体质指数、肌肉和脂肪的相关性[J].海南医学,2017,28(3):404-407.
- [5] 陈文聪,温煦,李旭鸿.中老年人骨骼肌含量、脂肪含量与骨密度的关系[J].中国体育科技,2017,53(1):90-96,110.
- [6] Kim JH, Choi HJ, Kim MJ, et al. Fat mass is negatively associated with bone mineral content in Koreans[J]. Osteoporos Int, 2012, 23(7):2009-2016.
- [7] Cheng Q, Zhu YX, Zhang MX, et al. Age and sex effects on the association between body composition and bone mineral density in healthy Chinese men and women[J]. Menopause, 2012, 19(4):448-455.
- [8] Genaro PS, Pereira GA, Pinheiro MM, et al. Influence of body composition on bone mass in postmenopausal osteoporotic women. [J]. Arch Gerontol Geriatr, 2010, 51(3):295-298.
- [9] Travison TG, Araujo AB, Esche GR, et al. Lean mass and not fat mass is associated with male proximal femur strength[J]. J Bone Miner Res, 2008, 23(2):189-198.
- [10] Ho-Pham LT, Nguyen ND, Lai TQ, et al. Contributions of lean mass and fat mass to bone mineral density: a study in postmenopausal women [J]. BMC Musculoskelet Disord. 2010, 11:59.
- [11] 陈巧聪,楼慧玲,彭程,等.中老年人骨密度变化及骨质疏松症患病率分析[J].广东医学,2011,32(5):620-622
- [12] 廖二元,伍贤平,邓小戈,等.中国长沙地区女性多骨骼部位骨密度参考值横断面调查[J].中国骨质疏松杂志,2002,8(2):4-8,29.
- [13] 汪六六,沈彤,游丽琴,等.成人骨密度随年龄变化趋势分析[J].中国公共卫生,2001,17(2):65.
- [14] 刘畅畅,尹宏,段光宇,等.老年女性髋部骨折与 dxa 骨强度参数的相关性研究[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(1):83-86,90.
- [15] 马卫红,马力扬,马斌,等.甘肃省藏族与汉族妇女绝经前和绝经后骨强度变化对比分析[J].中国骨质疏松杂志,2014,20(5):521-523,534.
- [16] 杨秀琳,海向军,何焯,等.藏族成人骨强度与体成分关系研究[J].中国骨质疏松杂志,2016,22(3):358-361.
- [17] Morita Y, Iwamoto I, Mizuma N, et al. Precedence of the shift of body-fat distribution over the change in body composition after menopause[J]. J Obstet Gynaecol Res, 2006, 32(5):513-516.
- [18] 朱晓颖,朱汉民,张雪梅.正常女性的身体组成成份与骨密度的关系[J].中国骨质疏松杂志,2011,17(4):312-316.
- [19] 李琦,张国福,张绍芬.绝经后女性体脂分布特点及相关因素[J].中国实用妇科与产科杂志,2010,26(12):966-968.
- [20] Marin RV, Pedrosa MAC, Moreira-Pfimer LDF, et al. Association between lean mass and handgrip strength with bone mineral density in physically active postmenopausal women [J]. J Clin Densitom, 2010, 13(1):96-101.
- [21] 郭郡浩,姚茹冰,赵智明,等.全身骨密度与肌肉、脂肪的相关性分析[J].中国骨质疏松杂志,2015,21(9):1061-1064.
- [22] 蔡思清,颜丽笙,李毅中,等.人体瘦组织对骨密度的影响[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(1):37-39.
- [23] 李炎,周璇,玉洪荣,等.佤族绝经前与绝经后女性体成分和骨密度的相关性研究[J].中国骨质疏松杂志,2017,23(5):657-661,700.
- [24] Sheng Z, Xu K, Ou Y, et al. Relationship of body composition with prevalence of osteoporosis in central south Chinese postmenopausal women [J]. Clin Endocrinol (Oxf), 2011, 74(3):319-324.
- [25] 聂伟志,隋显玉,李立,等.骨量(骨密度)与体重、体成分的关系[J].中医正骨,2004,16(10):61-62.
- [26] 聂伟志,石关桐,郑显新,等.骨密度的生物力学影响因素及骨质疏松症骨强度诊断和骨密度诊断的初步比较[J].中国骨伤,2004,17(1):26-28.
- [27] 王广伟,黄宏兴,翟力为,等.绝经后骨质疏松症患者肌力与骨密度的相关性研究[J].中国骨质疏松杂志,2015,21(10):1155-1160.
- [28] Schiessl H, Ferretti J, Tysarczyk-Niemeyer G, et al. Noninvasive bone strength index as analyzed by peripheral computed tomography (pQCT). In: Schoenau E (ed) Paediatric osteology: new developments in diagnostics and therapy [M]. Elsevier Science B V, Amsterdam, 1996:141-146.
- [29] Frost HM. On our age-related bone loss: insights from a new paradigm[J]. J Bone Miner Res, 1997, 12(10):1539-1546.
- [30] Gibbs JC, Giangregorio LM, Wong AKO, et al. Appendicular and whole body lean mass outcomes are associated with finite element analysis-derived bone strength at the distal radius and tibia in adults aged 40 years and older[J]. Bone, 2017, 103:47-54.
- [31] EL Hage R, Baddoura R. Anthropometric predictors of geometric indices of hip bone strength in a group of Lebanese postmenopausal women [J]. J Clin Densitom, 2012, 15(2):191-197.
- [32] Qin W, Sun L, Cao J, et al. The central nervous system (CNS)-independent anti-bone-resorptive activity of muscle contraction and the underlying molecular and cellular signatures[J]. J Biol Chem, 2013, 288(19):13511-13521.
- [33] Edwards WB, Schnitzer TJ, Troy KL. Bone mineral loss at the proximal femur in acute spinal cord injury [J]. Osteoporos Int, 2013, 24(9):2461-2469.
- [34] 方幸,李世昌,徐帅.肌肉因子与运动对骨骼的作用[J].中国体育科技,2017,53(6):71-78.
- [35] Bikle DD, Tahimic C, Chang W, et al. Role of IGF-I signaling in muscle bone interactions [J]. Bone, 2015, 80:79-88.
- [36] Miyake H, Kanazawa I, Sugimoto T. Decreased serum insulin-like

- growth factor-I is a risk factor for non-vertebral fractures in diabetic postmenopausal women [J]. Intern Med, 2017, 56(3): 269-273.
- [37] Engin - Üstün Y, Ça ğ layan EK, Göçmen AY, et al. Postmenopausal osteoporosis is associated with serum chemerin and irisin but not with apolipoprotein M levels [J]. J Menopausal Med, 2016, 22(2): 76-79.
- [38] Colaizzi G, Cuscito C, Mongelli T, et al. The myokine irisin increases cortical bone mass [J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2015, 112(39): 12157-12162.
- [39] Choi HS, Lee HA, Kim SW, et al. Association between serum fibroblast growth factor 21 levels and bone mineral density in postmenopausal women [J]. Endocrinol Metab (Seoul), 2018, 33(2): 273-277.
- [40] 覃丽英, 曾丹丹, 马育林, 等. 绝经后妇女血肌肉生长抑制素与骨密度的关系 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(8): 1041-1044.
- [41] Baum T, Cordes C, Dieckmeyer M, et al. MR-based assessment of body fat distribution and characteristics [J]. Eur J Radiol, 2016, 85(8): 1512-1518.
- [42] 邱裕友, 汤光宇. 骨髓脂肪在骨质代谢中的作用及其相关机制 [J]. 国际医学放射学杂志, 2013, 36(1): 45-49.
- [43] Hardouin P, Rharass T, Lucas S. Bone marrow adipose tissue: to be or not to be a typical adipose tissue [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2016, 7: 85.
- [44] 蔡思清, 颜丽笙, 李毅中, 等. 人体脂肪组织对骨密度的影响 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(2): 161-164.
- [45] Fu X, Ma X, Lu H, et al. Associations of fat mass and fat distribution with bone mineral density in pre- and postmenopausal Chinese women [J]. Osteoporos Int, 2011, 22(1): 113-119.
- [46] Saarelainen J, Honkanen R, Kröger H, et al. Body fat distribution is associated with lumbar spine bone density independently of body weight in postmenopausal women [J]. Maturitas, 2011, 69(1): 86-90.
- [47] Dytfeld J, Ignaszak-Szczepaniak M, Gowin E, et al. Influence of lean and fat mass on bone mineral density (BMD) in postmenopausal women with osteoporosis [J]. Arch Gerontol Geriatr, 2011, 53(2): e237-e242.
- [48] 马毅民. 腹内脂肪与腰椎骨密度及髌关节骨密度相关性的比较 [C]. 中华医学会第五次中青年骨质疏松和骨矿盐疾病学术会议论文集, 2013.
- [49] 王玲. 中国女性腹内脂肪和皮下脂肪与骨密度的相关分析研究 [C]. 中华医学会第五次中青年骨质疏松和骨矿盐疾病学术会议论文集, 2013.
- [50] Shao HD, Li GW, Liu Y, et al. Contributions of fat mass and fat distribution to hip bone strength in healthy postmenopausal Chinese women [J]. J Bone Miner Metab, 2015, 33(5): 507-515.
- [51] 李建伟, 刘石平, 廖二元. 瘦组织和脂肪的影响因素及其对骨密度和骨强度的影响 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2009, 15(1): 75-79.
- [52] 李冠慧, 李灿东, 李西海, 梁文娜. 雌激素调控绝经后骨质疏松症骨吸收-骨形成耦联失衡的机制 [J]. 中医正骨, 2016, 28(2): 36-40.
- [53] Simpson ER. Sources of estrogen and their importance [J]. J Steroid Biochem Mol Biol, 2003, 86(3-5): 225-230.
- [54] Legiran S, Brandi ML. Bone mass regulation of leptin and postmenopausal osteoporosis with obesity [J]. Clin Cases Miner Bone Metab, 2012, 9(3): 145-149.
- [55] Reid IR, Baldock PA, Cornish J, et al. Effects of leptin on the skeleton [J]. Endocr Rev, 2018, 39(6): 938-959.
- [56] Arner P, Spalding KL. Fat cell turnover in humans [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2010, 396(1): 101-104.
- [57] Donoho CJ, Weigensberg MJ, Emken BA, et al. Stress and abdominal fat: preliminary evidence of moderation by the cortisol awakening response in Hispanic peripubertal girls [J]. Obesity (Silver Spring), 2011, 19(5): 946-952.
- [58] Binkley N, Krueger D, Buehring B. What's in a name revisited: should osteoporosis and sarcopenia be considered components of "dysmobility syndrome?" [J]. Osteoporos Int, 2013, 24(12): 2955-2959.
- [59] Miyakoshi N, Hongo M, Mizutani Y, et al. Prevalence of sarcopenia in Japanese women with osteopenia and osteoporosis [J]. J Bone Miner Metab, 2013, 31(5): 556-561.
- [60] Di Monaco M, Vallero F, Di Monaco R, et al. Prevalence of sarcopenia and its association with osteoporosis in 313 older women following a hip fracture [J]. Arch Gerontol Geriatr, 2011, 52(1): 71-74.
- [61] 王昭琦, 王立恒, 王媚, 等. 老年骨质疏松患者肌力与骨密度等指标的相关性研究及不同干预方法的疗效评价 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2014, 20(7): 815-819.
- [62] 郑陆, 陈晓红, 周志雄, 等. 绝经女性体力活动特征及其与骨量关系的研究 [J]. 中国运动医学杂志, 2013, 32(3): 197-203.
- [63] 李冠武, 常时新, 范敬争, 等. 绝经后女性体成分与骨强度的相关性研究 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2013, 19(7): 681-685.

(收稿日期: 2018-10-27; 修回日期: 2018-11-28)