

# 中老年人人体成分与骨密度的关系

<https://doi.org/10.12307/2022.597>

投稿日期：2021-06-16

送审日期：2021-06-17

采用日期：2021-07-26

在线日期：2021-11-06

中图分类号：

R459.9; R318; R592

文章编号：

2095-4344(2022)15-02394-06

文献标识码：B

袁嘉尧<sup>1</sup>, 林燕平<sup>1</sup>, 林贤灿<sup>1</sup>, 黄佳纯<sup>2</sup>, 陈桐莹<sup>1</sup>, 林适<sup>1</sup>, 连晓航<sup>1</sup>, 万雷<sup>2</sup>, 黄宏兴<sup>2</sup>

## 文章快速阅读：

### 文章特点—

△ 目的特点：分析体成分与骨质疏松症之间的关系；评估明确中老年人的脂肪质量、肌肉质量和骨密度之间的关系，并确定这些患者骨密度的潜在预测因子，为防治中老年人骨质疏松症提供理论指导。

△ 技术方法特点：收集受试者进行体成分分析与骨密度测定，运用统计学方法研究体成分与骨质疏松症的关系。

△ 结果特点：体成分可以作为评价骨骼健康状况的间接参考指标，各部位骨矿含量、肌肉质量和脂肪质量对整体骨密度具有一定的影响。

△ 可指导他人的特点：对骨质疏松症的研究可以拓展至体成分与其的关系，从整体观全面地了解这一老年病的影响因素。

### 研究对象

招募 109 例符合  
条件的中老年人，  
收集基础资料并  
使用双能 X 射线骨  
密度仪进行骨密  
度和体成分检测。

### 分组

根据骨密度  
结果分为骨  
质疏松组和  
非骨质疏松  
组。

### 研究方法

比较两组间各因素的  
差异性；比较不同性  
别患骨质疏松症的差  
异；Pearson 相关性分  
析检验各变量与骨密  
度之间的相关关系。

### 研究结论

(1) 患有骨质疏松症的中老年人年龄更  
大，女性更容易患骨质疏松症；  
(2) 体成分也可以作为评价骨骼健康状  
况的间接参考指标，各部位骨矿含  
量、肌肉质量和脂肪质量对整体骨  
密度具有一定的影响。

### 文题释义：

**体成分：**指身体内各种成分的含量(如肌肉、骨骼、脂肪、水和矿物质等)，其总质量就是体质量，能反映人体的体质状况、体型特征和身材大小。

**骨密度：**指单位体积(体积密度)或者是单位面积(面积密度)所含的骨量，目前公认的骨质疏松症诊断标准是基于双能X射线吸收法测量的骨密度值。

### 摘要

**背景：**骨质疏松症容易导致中老年人自理能力下降、死亡率和相关医疗费用增加，人体内主要体成分脂肪、肌肉和骨骼的关系并未阐明，因此需要研究它们的关系，并确定患者患骨质疏松症的潜在预测因子。

**目的：**测量中老年人体成分和骨密度相关指标，并分析之间的关系。

**方法：**纳入109例中老年人受试者，记录身高、体质量等信息，通过双能X射线骨密度仪测定骨密度及体成分。根据骨密度结果将受试者分为骨质疏松组及非骨质疏松组，分析两组基础资料、骨密度、各部位骨矿含量、肌肉质量和脂肪质量的分布及关系，卡方检验研究不同性别患骨质疏松症的比率，利用Pearson相关性分析得出各因素与骨密度的相关程度。

**结果与结论：**①女性更容易患骨质疏松症；②骨质疏松组年龄显著高于非骨质疏松组；③骨质疏松组体质量、体质量指数、骨密度、(整体、头部、主干、下肢)骨矿含量、(整体、头部、主干、下肢)肌肉质量、(整体、头部、上肢、下肢)脂肪质量显著低于非骨质疏松组，差异有显著性意义；④Pearson相关分析提示，中老年人整体骨密度与身高、体质量、(整体、头部、主干、上肢、下肢)骨矿含量、(整体、头部、主干、下肢)肌肉质量、头部脂肪质量呈显著正相关，与年龄呈显著负相关；⑤提示女性更容易患骨质疏松症，而且患有骨质疏松症的中老年人年龄更大，各部位骨矿含量、肌肉质量、脂肪质量均较非骨质疏松症人群有所降低；中老年人群骨密度与各部位骨矿含量、肌肉质量相关度较大；因此体成分可以作为评价骨骼健康状况的间接参考指标，各部位骨矿含量、肌肉质量和脂肪质量对整体骨密度具有一定的影响。

**关键词：**骨质疏松症；体成分；骨密度；肌肉质量；脂肪质量

## Correlation between body composition and bone mineral density in middle-aged and elderly people

Yuan Jiayao<sup>1</sup>, Lin Yanping<sup>1</sup>, Lin Xiancan<sup>1</sup>, Huang Jiachun<sup>2</sup>, Chen Tongying<sup>1</sup>, Lin Shi<sup>1</sup>, Lian Xiaohang<sup>1</sup>, Wan Lei<sup>2</sup>, Huang Hongxing<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China; <sup>2</sup>the Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

Yuan Jiayao, Master candidate, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

**Corresponding author:** Huang Hongxing, MD, Professor, Chief physician, the Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

<sup>1</sup> 广州中医药大学，广东省广州市 510000; <sup>2</sup> 广州中医药大学第三附属医院，广东省广州市 510000

第一作者：袁嘉尧，男，1995 年生，广东省东莞市人，汉族，广州中医药大学在读硕士，主要从事中医药防治骨质疏松症方面的研究。

通讯作者：黄宏兴，博士，教授，主任中医师，广州中医药大学第三附属医院，广东省广州市 510000

<https://orcid.org/0000-0002-4557-525X> (袁嘉尧); <https://orcid.org/0000-0001-6211-9793> (黄宏兴)

基金资助：国家自然科学基金面上项目(81973886)，项目负责人：黄宏兴；广州中医药大学“双一流”与高水平大学学科协同创新团队项目(2021XK21)，项目负责人：黄宏兴；广州中医药大学学科研究重点项目(XK2019028)，项目负责人：黄宏兴

引用本文：袁嘉尧, 林燕平, 林贤灿, 黄佳纯, 陈桐莹, 林适, 连晓航, 万雷, 黄宏兴. 中老年人体成分与骨密度的关系 [J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(15):2394-2399.



**Abstract**

**BACKGROUND:** Osteoporosis can easily lead to a decline in the self-care ability of middle-aged and elderly people, and an increase in mortality and related medical expenses. The relationship among the main body components of the human body (fat, muscle, and bone) has not been clarified. Therefore, it is necessary to study their relationship and identify potential predictors of osteoporosis in patients.

**OBJECTIVE:** To investigate the correlation between body composition and bone mineral density of the middle-aged and elderly people.

**METHODS:** A total of 109 middle-aged and elderly people were selected as subjects, and their heights, body mass and other information were recorded. The dual-energy X-ray bone densitometer was used to detect the bone mineral density and body composition. According to the results of body mineral density, the subjects were divided into an osteoporosis group and a non-osteoporosis group. The distribution and relationship of basic data, bone mineral density, bone mineral content, lean mass and fat mass of each part were analyzed between the two groups. Chi-square test was used to detect the ratio of osteoporosis in different sexes, and Pearson correlation analysis was used to obtain the correlation degree of each factor and bone mineral density.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Women were more likely to suffer from osteoporosis. The age of the osteoporosis group was significantly higher than that of the non-osteoporosis group. Body mass, body mass index, bone mineral density, bone mineral content (overall, head, trunk, lower limbs), lean mass (overall, head, trunk, lower limbs), and fat mass (overall, head, upper limbs, lower limbs) in the osteoporosis group were significantly lower than those in the non-osteoporosis group. Pearson correlation analysis indicated that the bone mineral density of middle-aged and elderly people was significantly positively correlated with height, body mass, bone mineral content (overall, head, trunk, upper limbs, lower limbs), lean mass (overall, head, trunk, lower limbs) and fat mass (head), and negatively correlated with age. Therefore, osteoporosis is more common in women, and the middle-aged and elderly people with osteoporosis are older. Their bone mineral content, lean mass and fat mass of each part are lower than those without osteoporosis. The bone mineral density of the middle-aged and elderly people is highly correlated with the bone mineral content and lean mass of each part. Therefore, body composition can be used as an indirect reference index to evaluate the bone health status. Bone mineral content, lean mass and fat mass of each part have certain influence on the bone mineral density.

**Key words:** osteoporosis; body composition; bone mineral density; lean mass; fat mass

**Funding:** the National Natural Science Foundation of China (General Project), No. 81973886 (to HHX); "Double First Class" and High-level University Discipline Collaborative Innovation Team Project of Guangzhou University of Chinese Medicine, No. 2021XK21 (to HHX); Subject Research Key Project of Guangzhou University of Chinese Medicine, No. XK2019028 (to HHX)

**How to cite this article:** YUAN JY, LIN YP, LIN XC, HUANG JC, CHEN TY, LIN S, LIAN XH, WAN L, HUANG HX. Correlation between body composition and bone mineral density in middle-aged and elderly people. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2022;26(15):2394-2399.

**0 引言 Introduction**

骨质疏松症是一种高度普遍的疾病，以低骨密度和骨质疏松性骨折风险增加为特征<sup>[1]</sup>，临床表现主要有周身疼痛、身高降低、驼背及呼吸系统受影响等，容易导致中老年人自理能力下降、死亡率和相关医疗费用增加<sup>[2-3]</sup>。流行病学调查发现，国内在 50 岁和 65 岁以上人群中骨质疏松症的患病率分别为 19.2% 和 32%<sup>[4]</sup>。有很多研究已经发现骨质疏松症与体质量指数、烟酒习惯、绝经年龄等因素相关<sup>[5-8]</sup>，但人体内主要体成分脂肪、肌肉和骨骼之间以一种复杂的方式相互关联，随着年龄的增大，老年人骨骼肌系统的不断恶化会导致肌肉萎缩和骨质减少，进而导致肌肉强度下降，骨骼脆性增加，骨折风险增加，生活质量降低<sup>[9]</sup>。除了肌肉质量、力量和骨密度下降外，与年龄相关的身体组成变化还包括脂肪量的增加<sup>[10]</sup>，并且老年人脂肪量增加与身体残疾和死亡率的增加有关<sup>[11]</sup>。然而关于肌肉和脂肪等身体成分对骨密度影响的研究相对较少，其关系并未阐明。此次研究中旨在评估中老年人脂肪质量、肌肉质量和骨密度之间的关系，并确定这些患者骨密度的潜在预测因子。

**1 对象和方法 Subjects and methods**

**1.1 设计** 横断面调查，分别采用独立样本 t 检验及非参数检验比较两组间各因素的差异性；交叉表卡方检验研究不同性别患骨质疏松症的比率；用 Pearson 相关性分析检验各变量与骨密度之间的相关关系。

**1.2 时间及地点** 试验于 2019 年 11 月至 2021 年 1 月在广州中医药大学第三附属医院门诊完成。

**1.3 对象** 从 2019 年 11 月至 2021 年 1 月在广州中医药大学第三附属医院门诊患者中招募和评估了 150 例中老年患者。

**纳入标准：**绝经后女性，男性受试者需大于 60 岁，可配合进行基本资料收集、骨密度检查及体成分分析检测。

**排除标准：**有慢性肝肾衰竭、甲亢、类风湿性关节炎等代谢性骨病史者；有影响体质量或体成分的疾病史，如甲状腺功能亢进、甲状腺功能减退等；接受过影响体质量、骨密度和身体组成的药物治疗者，如甲状腺激素、糖皮质激素、双膦酸盐和减肥药等；女性在绝经前进行过卵巢切除术。

此次研究经广州中医药大学第三附属医院伦理委员会批准，批件号：2020034。在被纳入研究之前，为每位受试者都提供了书面知情同意书，并告知相关研究内容。

**1.4 方法**

**1.4.1 人口统计学资料及基础资料的收集与测量** 研究人员记录受者的性别、年龄以及病史、相关用药，测量包括体质量和身高在内的各种人体测量数据，测量 3 次取平均值；计算患者体质量指数并记录具体数值。

**1.4.2 骨密度和身体成分测量** 使用 Hologic QDR-apex 3.1 型骨密度仪（变异系数值 < 1.0%）对所有入选受试者进行骨密度检测及身体成分测量。测量受试者的总体、头部、主干（脊柱、肋骨、骨盆）、上肢和下肢的骨矿含量、肌肉质量和脂肪质量；仪器分析得出患者整体骨密度值及 T 值，参照 WHO 骨质疏松症标准以及中华医学会骨质疏松及骨矿盐疾病分会制定的《原发性骨质疏松症诊疗指南（2017 年）》将受试者分为骨质疏松组和非骨质疏松组<sup>[12]</sup>。

**1.5 主要观察指标** 收集相关基础信息后 1 周，联系受试者前来广州中医药大学第三附属医院放射科进行体成分分析，得出受试者各部位骨矿含量、肌肉质量以及脂肪质量；同时进行骨密度检查得出受试者整体骨密度及 T 值。

**1.6 统计学分析** 应用 SPSS 24.0 统计学软件，计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示，根据数据是否符合正态分布，分别采用独立样本 t 检验及非参数检验比较骨质疏松组和非骨质疏松组各因素的差异性；用 Pearson 相关性分析检验各变量与骨密度之间的相关关系；以上均以  $P < 0.05$  为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 参与者数量分析** 收集 150 例受试者的基线信息，5 例因腰椎压缩性骨折曾行腰椎椎体成形术而排除，20 例因曾服用阿伦膦酸钠不符合纳入条件而排除，16 例因拒绝或不能配合行骨密度检查及成分分析而排除。最终纳入 109 例受试者进行分析，其中男 11 例，女 98 例，平均年龄 ( $62.72 \pm 7.19$ ) 岁。根据患者骨密度 T 值分为骨质疏松组 (48 例) 及非骨质疏松组 (61 例)。

**2.2 试验流程图** 见图 1。

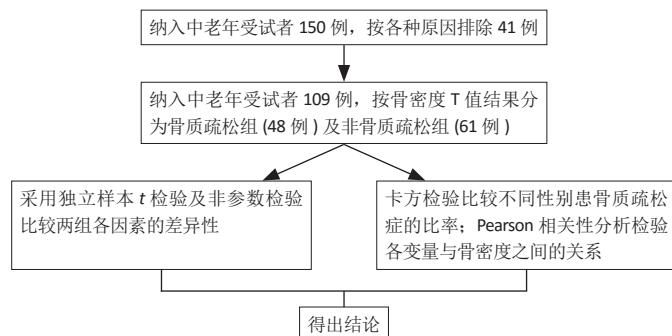


图 1 | 两组患者分组流程图

Figure 1 | Grouping flowchart of patients

**2.3 两组受试者基础资料、各部位骨密度、肌肉质量和脂肪质量的比较** 见表 1。

表 1 | 两组受试者基础资料、各部位骨密度、肌肉质量和脂肪质量的比较  
( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 | Comparison of basic data, body mineral density, lean mass and fat mass of each part between two groups

指标	骨质疏松组 (n=48)	非骨质疏松组 (n=61)	P 值
年龄 (岁)	$64.73 \pm 6.62$	$61.15 \pm 7.28$	$< 0.05$
身高 (m)	$1.56 \pm 0.05$	$1.58 \pm 0.06$	$> 0.05$
体质量 (kg)	$51.98 \pm 6.44$	$57.13 \pm 7.56$	$< 0.001$
体质量指数 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$21.27 \pm 2.39$	$22.99 \pm 3.17$	$< 0.05$
整体骨密度 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	$0.86 \pm 0.04$	$1.02 \pm 0.08$	$< 0.001$
整体骨矿含量 (g)	$1397.27 \pm 166.20$	$1816.06 \pm 236.38$	$< 0.001$
整体肌肉质量 (g)	$33311.97 \pm 7042.52$	$36164.35 \pm 4827.52$	$< 0.001$
整体脂肪质量 (g)	$17267.50 \pm 3279.81$	$19137.29 \pm 4682.08$	$< 0.05$
头部骨矿含量 (g)	$398.42 \pm 56.17$	$528.05 \pm 82.27$	$< 0.001$
头部肌肉质量 (g)	$2810.35 \pm 222.13$	$2893.54 \pm 189.98$	$< 0.05$
头部脂肪质量 (g)	$1019.99 \pm 98.81$	$1056.14 \pm 90.99$	$< 0.05$
主干骨矿含量 (g)	$323.47 \pm 40.66$	$423.93 \pm 68.31$	$< 0.001$
主干肌肉质量 (g)	$16505.65 \pm 2408.13$	$18159.81 \pm 2492.72$	$< 0.001$
主干脂肪质量 (g)	$8281.06 \pm 1893.40$	$9089.21 \pm 2436.03$	$> 0.05$
上肢骨矿含量 (g)	$199.48 \pm 39.10$	$270.31 \pm 156.84$	$< 0.001$
上肢肌肉质量 (g)	$3475.61 \pm 671.79$	$3693.55 \pm 786.09$	$> 0.05$
上肢脂肪质量 (g)	$2390.91 \pm 610.02$	$2682.43 \pm 841.76$	$< 0.05$
下肢骨矿含量 (g)	$470.01 \pm 71.30$	$599.70 \pm 127.51$	$< 0.001$
下肢肌肉质量 (g)	$10577.11 \pm 1781.43$	$11250.48 \pm 1522.74$	$< 0.05$
下肢脂肪质量 (g)	$5574.30 \pm 1283.32$	$6176.97 \pm 1709.95$	$< 0.05$

如表 1 所示，在基础资料方面，骨质疏松组年龄显著高于非骨质疏松组，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )；身高低于非骨质疏松组，差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )；体质量和体质量指数显著低于非骨质疏松组，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )。在骨密度及骨矿含量对比方面，骨质疏松组的整体、头部、主干、上肢、下肢骨矿含量和整体骨密度显著低于非骨质疏

松组，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )。在肌肉质量方面，骨质疏松组的整体、头部、主干、下肢肌肉质量显著低于非骨质疏松组，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )；而骨质疏松组上肢肌肉质量也低于非骨质疏松组，但差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )。在脂肪质量方面，骨质疏松组的整体、头部、上肢、下肢脂肪质量显著低于非骨质疏松组，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )；骨质疏松组主干脂肪质量也低于非骨质疏松组，但差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )。

**2.4 不同性别患骨质疏松症构成比的比较** 纳入的受试者中，男 11 例，女 98 例，平均年龄 ( $62.72 \pm 7.19$ ) 岁，男性有 18% 的受试者发生骨质疏松，而女性中 47% 存在骨质疏松的情况，女性发生骨质疏松的比例大于男性，但差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )，见表 2。

表 2 | 男性与女性发生骨质疏松构成比的比较 (n/%)

Table 2 | Comparison of the composition of osteoporosis between males and females

性别	n	骨质疏松	非骨质疏松
男性	11	2/18	9/82
女性	98	46/47	52/53
P 值		> 0.05	

**2.5 中老年人骨密度与各因素的 Pearson 相关分析** Pearson 相关分析提示，中老年人骨密度与身高、体质量、(整体、头部、主干、上肢、下肢) 骨矿含量、(整体、头部、主干、下肢) 肌肉质量、头部脂肪质量呈显著正相关 ( $P < 0.05$ )，与年龄呈显著负相关 ( $P < 0.05$ )，具体见表 3-6 及图 2-5。

表 3 | 中老年人骨密度与基础资料的 Pearson 相关分析

Table 3 | Pearson correlation analysis of bone mineral density and basic data in middle-aged and elderly people

参数	r 值	P 值
年龄	-0.306	0.001
身高	0.239	0.013
体质量	0.288	0.002
体质量指数	0.179	0.063

表 4 | 中老年人骨密度与骨矿含量的 Pearson 相关分析

Table 4 | Pearson correlation analysis of bone mineral density and bone mineral content in middle-aged and elderly people

参数	r 值	P 值
整体骨矿含量	0.906	0.000
头部骨矿含量	0.869	0.000
主干骨矿含量	0.813	0.000
上肢骨矿含量	0.310	0.001
下肢骨矿含量	0.711	0.000

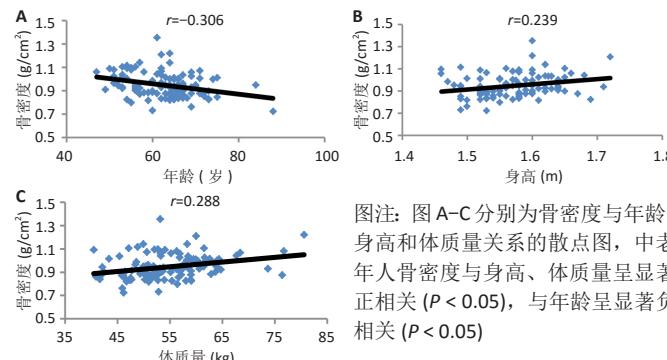
表 5 | 中老年人骨密度与肌肉质量的 Pearson 相关分析

Table 5 | Pearson correlation analysis of body mineral density and lean mass in middle-aged and elderly people

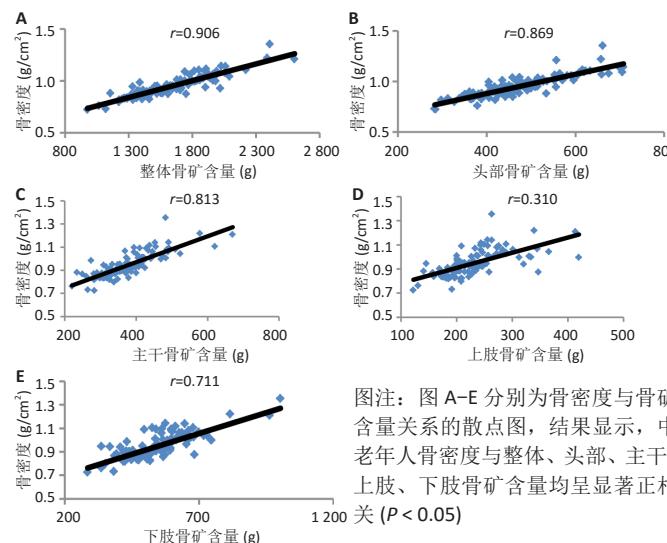
参数	r 值	P 值
整体肌肉质量	0.292	0.002
头部肌肉质量	0.220	0.022
主干肌肉质量	0.343	0.000
上肢肌肉质量	0.187	0.052
下肢肌肉质量	0.211	0.027

**表 6 | 中老年人骨密度与脂肪质量的 Pearson 相关分析**  
**Table 6 | Pearson correlation analysis of body mineral density and fat mass in middle-aged and elderly people**

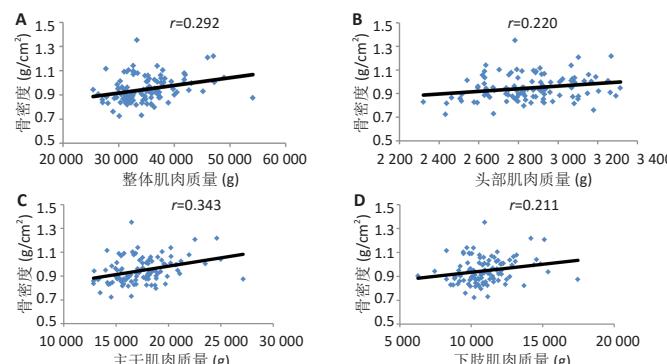
参数	r 值	P 值
整体脂肪质量	0.107	0.267
头部脂肪质量	0.211	0.028
主干脂肪质量	0.066	0.493
上肢脂肪质量	0.168	0.080
下肢脂肪质量	0.111	0.251



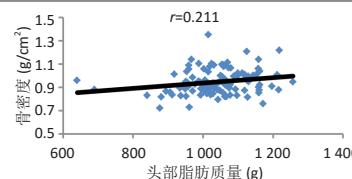
**图 2 | 中老年人骨密度与基础资料的相关性**  
**Figure 2 | Correlation between body mineral density and basic data in middle-aged and elderly people**



**图 3 | 中老年人骨密度与骨矿含量的相关性**  
**Figure 3 | Correlation between body mineral density and bone mineral content in middle-aged and elderly people**



**图 4 | 中老年人骨密度与肌肉质量的相关性**  
**Figure 4 | Correlation between body mineral density and lean mass in middle-aged and elderly people**



**图注：散点图结果显示，中老年人骨密度与头部脂肪质量呈显著正相关 ( $P < 0.05$ )**  
**Figure 5 | Correlation between body mineral density and fat mass in middle-aged and elderly people**

### 3 讨论 Discussion

此次研究通过双能 X 射线骨密度仪分析中老年人的体成分与骨密度，探讨两者之间的复杂关系。结果发现，随着年龄增长，女性患骨质疏松症的概率大于男性，中老年人的体质量、体质指数、骨密度、骨矿含量、肌肉质量和脂肪质量均会有不同程度的下降，并且骨密度与身高、体质指数、各部位骨矿含量、肌肉质量呈显著正相关。性别、年龄、体质指数和体质指数等因素作为基础因素，已经被证明与骨密度存在相关关系，但是对于骨质疏松症的治疗需要深入到体成分层面上，在这方面国外虽有相关研究，但是国内的研究还是相对欠缺，缺乏对中国人体成分与骨质疏松症情况的针对性研究；此次研究的创新点则是对国内人群进行研究，评估明确中老年人脂肪质量、肌肉质量和骨密度之间的关系，并确定这些患者骨密度的潜在预测因子，为防治中老年人骨质疏松症提供理论指导。

在脂肪质量方面，与骨质疏松组相比，非骨质疏松组的骨密度与脂肪质量更高，但后续的 Pearson 相关分析显示骨密度仅与头部脂肪质量呈正相关，说明脂肪与骨密度之间的关系还存在争议。有许多研究佐证作者的结果，Li<sup>[13]</sup> 对围绝经期妇女进行分析，发现脂肪质量与腰椎和股骨骨密度呈正相关；一项针对韩国农村人群的研究显示，脂肪质量对绝经后女性和老年男性的骨密度有积极的促进作用<sup>[14]</sup>；另外还有很多研究发现骨密度和脂肪质量之间存在正相关<sup>[15-19]</sup>；有观点认为良好的营养和足够的脂肪质量可以有效预防骨质疏松症，为女性提供保护<sup>[20-21]</sup>。有多种潜在机制可以解释脂肪和骨骼之间的相互作用：①首先是机械应力效应，更大的脂肪质量可以对骨骼施加更大的机械应力，骨骼质量相应增加以适应更大的负荷<sup>[17, 22]</sup>。②除了机械负荷的影响，内分泌效应也可以解释脂肪对骨骼的作用。脂肪本身是一种内分泌标志物，可以分泌促进骨骼生长的生长因子<sup>[23]</sup>。在绝经后的妇女中，脂肪细胞是雌激素产生的重要来源，雌激素通过诱导破骨细胞凋亡来抑制骨吸收<sup>[24]</sup>；脂肪组织也是芳香化酶的来源，芳香化酶有助于雌激素的产生<sup>[16]</sup>；同时脂联素和瘦素等脂肪细胞来源的激素也可能在调节骨密度方面发挥作用，体外研究显示脂联素抑制破骨细胞骨吸收活性<sup>[25]</sup>，并且由脂肪细胞产生的瘦素也与女性骨密度呈正相关<sup>[26]</sup>。虽然许多研究与此次试验均发现脂肪质量对骨密度有积极的影响，但是脂肪对骨代谢的影响还是存在争议的，许多研究也发现脂肪质量与骨密度负相关。有研究表明脂肪（特别是腹部脂肪）增加了代谢性疾病、肌肉减少症和功能衰退的风险<sup>[27]</sup>，更高水

平的内脏脂肪会减少肌肉质量，通过肌肉脂肪浸润增加脆性骨折的风险<sup>[28]</sup>。而在消除了脂肪对骨的机械负荷效应后，可能脂肪本身对骨代谢有不利影响；这些相互作用可能是由于脂肪作为内分泌器官和炎症来源的本质所造成的<sup>[29]</sup>。后续还需要继续探讨脂肪与骨代谢的影响关系及机制。

在肌肉质量方面，作者发现非骨质疏松组各部位的肌肉质量也显著高于骨质疏松组，Pearson 相关分析提示，骨密度与多数部位的肌肉质量呈正相关。许多研究也得出与作者相似的结论，一项为期 12 年的研究发现，肌肉质量对绝经后女性和老年男性的骨密度有积极作用<sup>[30]</sup>；MARIN-MIO 等<sup>[31]</sup>发现肌肉质量与不同部位的骨密度正相关，特别是股骨近端；还有更多研究已经证明肌肉质量与骨密度的正相关关系<sup>[16-17, 20, 32]</sup>。对于肌肉质量促进骨密度的机制，有研究者认为骨骼肌作为体质量的重要组成部分，足够的肌肉质量能改善骨生物力学，起到与脂肪质量相似的促进骨密度的机械应力效应<sup>[21]</sup>，刺激成骨细胞和骨细胞增殖分化矿化，增加骨密度，降低椎体骨折的风险<sup>[33]</sup>。其次，作为运动功能的完整单位，骨骼和骨骼肌紧密相连；肌肉收缩产生的应力可导致骨组织的骨特异性变形，从而刺激骨细胞和成骨细胞，增加成骨细胞相关基因的合成和表达，提高骨骼水平，使骨骼能够适应施加的压力。AHEDI 等<sup>[34]</sup>报道，由于缺乏体力活动，肌肉质量和肌肉功能降低，对骨密度的机械刺激减少导致成骨效果降低，降低骨密度。另外，压电效应也是可能的机制之一<sup>[16]</sup>，由于肌张力的变形力，骨表面变成正电性，而压缩导致负电性修饰，刺激骨细胞从细胞间物质释放钙，激活的成骨细胞在该区域形成新骨；若肌肉质量和力量减少，在运动过程中对骨骼施加的拉力变弱，从而导致压电效应变弱。再次，肌肉质量的增加导致界面胶原纤维和骨膜的延伸，从而刺激该部位的骨骼生长<sup>[33]</sup>；而流向骨骼的血流量增加会导致骨骼强度增加，而且由于四肢的血流量增加与肌肉质量成正比，这些部位的血流量减少会导致骨质疏松症。最后从基因层面看，KARASIK 等<sup>[35]</sup>报道，肌肉代谢相关激素如肌生成抑制素、 $\alpha$ -肌动蛋白 3、增殖素激活受体  $\gamma$  共激活因子 1 $\alpha$  和肌细胞增强因子 2c 等基因被纳入全基因组关联研究，被认为与肌肉丢失和骨质疏松同时相关。而 TERRACCINO 等<sup>[36]</sup>的一项研究表明，骨质疏松与肌肉萎缩有关，而肌肉萎缩与胰岛素样生长因子 1/PI3-K/Akt 通路的组成部分蛋白激酶 B(Akt) 水平降低有关。与脂肪质量对骨密度的影响不同，几乎所有研究都认为肌肉质量与骨密度呈正相关，同时良好的肌力也能促进骨密度。

体成分主要由 3 个部分组成，即脂肪、肌肉和骨骼，肌肉质量和脂肪质量都在负重的骨骼部位施加机械负荷，较高的机械负荷会减少骨吸收、刺激骨形成，从而推迟骨质疏松症的发生或降低其严重程度，对骨密度造成影响。研究认为在接受治疗的骨质疏松女性中，肌肉和脂肪具有同样的重要性<sup>[30]</sup>。然而也有学者认为脂肪和肌肉对骨骼质量及骨密度的贡献度不同，GENARO 等<sup>[37]</sup>观察到，绝经后骨质疏松女性的

肌肉质量与骨密度的关系大于脂肪；而 BLEICHER 等<sup>[38]</sup>则指出，70 岁以上男性体脂减少与骨密度的关系更大。目前还不能完全理解是脂肪还是肌肉质量决定了骨量的发展，这提示肌肉和脂肪对骨骼的作用可能相互协同，存在着密切的关系，后续应该进一步研究其中的机制；同时肌力对骨骼及骨密度的影响也需要进一步深入研究。但可以肯定的是，应该鼓励采用健康的生活方式，包括运动和锻炼，以增加机械负荷和提高肌肉质量，增加骨密度，降低罹患骨质疏松的风险<sup>[39]</sup>。此次研究也存在一定的局限，如纳入研究的样本数量较少；研究人群局限于广州市，存在地域和种族的限制；并未考虑体现肌肉功能的重要指标——肌肉力量和步速的影响等；下一步需要继续收集不同地区更多受试者的信息，收集肌力和步速的数据，探寻其他与骨质疏松症相关的因素，继续进行深入的研究。

**致谢：**感谢广州中医药大学第三附属医院门诊部及放射科对此次研究给予的支持。

**作者贡献：**通讯作者黄宏兴及第一作者袁嘉尧负责试验设计，袁嘉尧、林燕平、林贤灿、黄佳纯、陈桐莹、林适、连晓航负责试验实施，万雷负责评估，袁嘉尧负责随访。

**经费支持：**该文章接受了“国家自然科学基金面上项目(81973886)、广州中医药大学‘双一流’与高水平大学学科协同创新团队项目(2021XK21)及广州中医药大学学科研究重点项目(XK2019028)”的基金资助。所有作者声明，经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

**利益冲突：**文章的全部作者声明，在课题研究和文章撰写过程，不存在利益冲突。

**机构伦理问题：**该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和广州中医药大学第三附属医院对研究的相关伦理要求，医院伦理批件号：2020034，审批时间：2018-10-15。

**知情同意问题：**参与试验的患病个体及其家属为自愿参加，均对试验过程完全知情同意，在充分了解试验方案的前提下签署了“知情同意书”。

**写作指南：**该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。

**文章查重：**文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

**文章外审：**文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**生物统计学声明：**文章统计学方法已经由广州中医药大学第三附属医院生物统计学专家审核。

**文章版权：**文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明：**这是一篇开放获取文章，根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款，在合理引用的情况下，允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展，同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献，并为之建立索引，用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

## 4 参考文献 References

- [1] YANG TL, SHEN H, LIU A, et al. A road map for understanding molecular and genetic determinants of osteoporosis. *Nat Rev Endocrinol*. 2020; 16(2):91-103.
- [2] SOZEN T, OZISIK L, CALIK BASARAN N. An overview and management of osteoporosis. *Eur J Rheumatol*. 2017;4(1):46-56.
- [3] 梁玉柱, 郭洪刚. 老年骨质疏松性髋部骨折: 昨天、今天及未来 [J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(15):2438-2443.

- [4] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 中国骨质疏松症流行病学调查及“健康骨骼”专项行动结果发布 [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2019, 12(4):317-318.
- [5] ZHU Y, LIU S, CHEN W, et al. Epidemiology of low-energy fracture in Chinese postmenopausal women: changing trend of incidence since menopause and associated risk factors, a national population-based survey. *Menopause*. 2019;26(3):286-292.
- [6] PENG K, YAO P, KARTSONAKI C, et al. Menopause and risk of hip fracture in middle-aged Chinese women: a 10-year follow-up of China Kadoorie Biobank. *Menopause*. 2020;27(3):311-318.
- [7] ANAGNOSTIS P, SIOLOS P, GKEKAS NK, et al. Association between age at menopause and fracture risk: a systematic review and meta-analysis. *Endocrine*. 2019;63(2):213-224.
- [8] SULLIVAN SD, LEHMAN A, NATHAN NK, et al. Age of menopause and fracture risk in postmenopausal women randomized to calcium + vitamin D, hormone therapy, or the combination: results from the Women's Health Initiative Clinical Trials. *Menopause*. 2017;24(4):371-378.
- [9] LUO X, CHENG R, ZHANG J, et al. Evaluation of body composition in POF and its association with bone mineral density and sex steroid levels. *Gynecol Endocrinol*. 2018;34(12):1027-1030.
- [10] ST-ONGE M, GALLAGHER D. Body composition changes with aging: The cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*. 2010;26(2):152-155.
- [11] 夏维波, 章振林, 林华, 等. 原发性骨质疏松症诊疗指南 (2017)[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(3):281-309.
- [12] BIGAARD J, FREDERIKSEN K, TJØNNELAND A, et al. Body Fat and Fat-Free Mass and All-Cause Mortality. *Obesity* (Silver Spring, Md.). 2004; 12(7):1042-1049.
- [13] LI S. Relationship between soft tissue body composition and bone mass in perimenopausal women. *Maturitas*. 2004;47(2):99-105.
- [14] CUI L, SHIN M, KWON S, et al. Relative contribution of body composition to bone mineral density at different sites in men and women of South Korea. *J Bone Miner Metabol*. 2007;25(3):165-171.
- [15] LUO X, CHENG R, ZHANG J, et al. Evaluation of body composition in POF and its association with bone mineral density and sex steroid levels. *Gynecol Endocrinol*. 2018;34(12):1027-1030.
- [16] DYTVELD J, IGNASZAK-SZCZEPANIAK M, GOWIN E, et al. Influence of lean and fat mass on bone mineral density (BMD) in postmenopausal women with osteoporosis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011;53(2):e237-e242.
- [17] SIDDIQUE N, FALLON N, CASEY MC, et al. Statistical analysis of fat and lean mass in osteoporosis in elderly population using total body DXA scans. *Irish J Med Sci*. 2020;189(3):1105-1113.
- [18] MOON S. Relationship of lean body mass with bone mass and bone mineral density in the general Korean population. *Endocrine*. 2014; 47(1):234-243.
- [19] 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. *Osteoporos Int*. 2011;22(1):113-119.
- [20] GJESDAL CG, HALSE JI, EIDE GE, et al. Impact of lean mass and fat mass on bone mineral density: The Hordaland Health Study. *Maturitas*. 2008; 59(2):191-200.
- [21] JIANG Y, ZHANG Y, JIN M, et al. Aged-Related Changes in Body Composition and Association between Body Composition with Bone Mass Density by Body Mass Index in Chinese Han Men over 50-year-old. *PLOS ONE*. 2015;10(6):e130400.
- [22] HANNAN MT, FELSON DT, ANDERSON JJ. Bone mineral density in elderly men and women: Results from the framingham osteoporosis study. *J Bone Miner Res*. 1992;7(5):547-553.
- [23] GARNETT SP, HOGLER W, BLADES B, et al. Relation between hormones and body composition, including bone, in prepubertal children. *Am J Clin Nutr*. 2004;80(4):966-972.
- [24] KAMEDA T, MANO H, YUASA T, et al. Estrogen inhibits bone resorption by directly inducing apoptosis of the bone-resorbing osteoclasts. *J Exp Med*. 1997;186(4):489-495.
- [25] OSHIMA K, NAMPEI A, MATSUDA M, et al. Adiponectin increases bone mass by suppressing osteoclast and activating osteoblast. *Biochem Biophys Res Commun*. 2005;331(2):520-526.
- [26] RITLAND LM, ALEKEL DL, MATVIENKO OA, et al. Centrally located body fat is related to appetitive hormones in healthy postmenopausal women. *Eur J Endocrinol*. 2008;158(6):889-897.
- [27] ZHANG P, PETERSON M, SU GL, et al. Visceral adiposity is negatively associated with bone density and muscle attenuation. *Am J Clin Nutr*. 2015;101(2):337-343.
- [28] SHEU Y, MARSHALL LM, HOLTON KF, et al. Abdominal body composition measured by quantitative computed tomography and risk of non-spine fractures: the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) study. *Osteoporos Int*. 2013;24(8):2231-2241.
- [29] AHN SH, LEE SH, KIM H, et al. Different Relationships Between Body Compositions and Bone Mineral Density According to Gender and Age in Korean Populations (KNHANES 2008-2010). *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99(10):3811-3820.
- [30] LIU-AMBROSE T, KRAVETSKY L, BAILEY D, et al. Change in Lean Body Mass Is a Major Determinant of Change in Areal Bone Mineral Density of the Proximal Femur: A 12-Year Observational Study. *Calcif Tissue Int*. 2006;79(3):145-151.
- [31] MARIN-MIO RV, MOREIRA LDF, CAMARGO M, et al. Lean mass as a determinant of bone mineral density of proximal femur in postmenopausal women. *Arch Endocrinol Metab*. 2018;62(4):431-437.
- [32] XIANG J, CHEN Y, WANG Y, et al. Lean Mass and Fat Mass as Mediators of the Relationship Between Physical Activity and Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. *J Women's Health*. 2017;26(5):461-466.
- [33] KAJI H. Linkage between muscle and bone. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2013;16(3):272-277.
- [34] AHEDI H, AITKEN D, SCOTT D, et al. The Association Between Hip Muscle Cross-Sectional Area, Muscle Strength, and Bone Mineral Density. *Calcif Tissue Int*. 2014;95(1):64-72.
- [35] KARASIK D, COHEN-ZINDER M. The genetic pleiotropy of musculoskeletal aging. *Front Physiol*. 2012;3:303.
- [36] TERRACCIANO C, CELI M, LECCE D, et al. Differential features of muscle fiber atrophy in osteoporosis and osteoarthritis. *Osteoporos Int*. 2013; 24(3):1095-1100.
- [37] GENARO PS, PEREIRA GAP, PINHEIRO MM, et al. Influence of body composition on bone mass in postmenopausal osteoporotic women. *Arch Gerontol Geriatr*. 2010;51(3):295-298.
- [38] BLEICHER K, CUMMING RG, NAGANATHAN V, et al. The role of fat and lean mass in bone loss in older men: Findings from the CHAMP study. *Bone*. 2011;49(6):1299-1305.
- [39] 王春燕, 何成奇. 骨质疏松症治疗中的运动疗法 [J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(37):6657-6663.

(责任编辑: GD, ZN, ZH)