

· 论 著 ·

不同年龄髋部、腰部肌肉含量与对应骨密度相关性分析

刘功稳^{1#} 陈斌^{1#} 高焱¹ 王啸¹ 张璐² 张东³ 李涧¹ 徐又佳^{1*}

1.苏州大学附属第二医院骨科/苏州大学骨质疏松诊疗技术研究所,江苏 苏州 215004

2.苏州大学附属第二医院体检中心,江苏 苏州 215004

3.苏州大学附属第二医院老年医学科,江苏 苏州 215004

中图分类号: R44 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2019) 08-1045-07

摘要: **目的** 了解50岁以上体检人群局部肌肉含量(髋部、腰部)与相应骨密度变化趋势,分析不同年龄段局部肌肉含量与骨密度之间的相关性。**方法** 收集苏州大学附属第二医院2008年6月至2013年12月50岁以上体检人群8305例资料,整理双能X线骨密度仪(DXA)检测的骨密度数据(腰椎和髋部),同时整理每人“骨密度局部模式”所检测的“腰椎周围”“髋部周围”肌肉比值数据;按性别分男女两组,两组再按年龄分为50~59、60~69、70~79、≥80岁四个亚组,用折线图显示局部肌肉含量及相应骨密度随年龄变化趋势,用偏相关分析、多元线性回归方法分析局部肌肉含量与相应骨密度的关系。**结果** ①髋部肌肉含量与股骨颈骨密度关系:50~59、60~69岁两个年龄段中,男性及女性具有正相关,有统计学意义($P<0.05$);70~79、≥80岁两个年龄段中,男性及女性无相关性;②腰部肌肉含量与腰椎骨密度关系:仅在男性70~79岁年龄段中具有负相关关系($P<0.05$),其余各组无相关性。**结论** 50岁以上人群中,在70岁之前,髋部肌肉含量对股骨颈骨密度影响显著,70岁之后,髋部肌肉含量对股骨颈骨密度影响不显著;所以,在肌少症与骨质疏松症相关范畴,建议50~70岁人群应关注下肢肌肉含量提高,以利骨量提高;70岁以上老年人群,应更关注下肢肌肉含量之外骨质疏松症危险因素预防。

关键词: 骨密度;肌肉含量;骨质疏松症;相关性

Analysis of correlation between muscle content of the hip and waist and bone mineral density in different age groups

LIU Gongwen^{1#}, CHEN Bin^{1#}, GAO Yan¹, WANG Xiao¹, ZHANG Lu², ZHANG Dong³, LI Jian¹, XU Youjia^{1*}

1.Department of Orthopedics, the Second Affiliated Hospital of Soochow University/ Osteoporosis Institute of Soochow University, Suzhou 215004

2.Physical Examination Center, the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215004

3.Department of Gerontology, the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215004, China

#: Co-first authors

* Corresponding author: XU Youjia, Email: xuyoujia@suda.edu.cn

Abstract: **Objective** To investigate the change trend of the local muscle content (hip and waist) and bone mineral density (BMD) in people over 50 years old who had undergone physical examination, and to analyze the correlation between local muscle content and BMD in different age groups. **Methods** A cross-sectional study was conducted on 8305 subjects over 50 years old who had undergone routine health examination at the Affiliated Second Hospital, Soochow University from June 2008 to December 2013. BMD of the lumbar spine and hip and local muscle content of the hip and waist were measured using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). The data of the muscle mass ratio around the spine and hip were collected according to the local BMD model. The subjects were divided into two groups according to the gender, and each group was further divided into 4 groups

基金项目: 国家自然科学基金(81572179);苏州市民生科技项目(SS201814);苏州大学附属第二医院优势学科群项目(XKQ2015001);国家自然科学基金预研基金(SDFEGJ1601)

* 通信作者: 徐又佳, Email: xuyoujia@suda.edu.cn

#: 刘功稳、陈斌对本文的贡献相同,并列为第一作者

according to age (50–59, 60–69, 70–79, and ≥ 80 years old, respectively). The change trend of the local muscle content and BMD with age was shown with polygraph. The relationship between local muscle content and BMD was analyzed using partial correlation analysis and multiple linear regression. **Results** ① There was a positive relationship between muscle content of the hip and BMD of the femoral neck in both males and females at 50–59 and 60–69 years old ($P < 0.05$), but there was no correlation at 70–79 and ≥ 80 years old. ② A negative correlation between muscle content of the waist and BMD of the lumbar spine was found in males at 70–79 years old ($P < 0.05$), but no correlation was found in other groups. **Conclusion** Before 70 years old, the muscle content of the hip has a significant effect on femoral neck BMD among people over 50 years old, but the effect disappears after 70 years old. Therefore, in order to improve bone mass, we suggest that people aged 50–70 should pay attention to the improvement of muscle content of the lower limb. More attention should be paid to prevent risk factors of osteoporosis in the elderly over 70 years old.

Key words: bone mineral density; muscle content; osteoporosis; correlation

肌肉含量与骨质疏松症(骨密度)相关性研究越来越受到关注。有研究^[1-5]认为,骨骼与肌肉在代谢、机能方面共享许多遗传因素、环境因素,肌肉含量变化与骨形成关系密切、肌肉含量与骨骼骨量峰值关系密切;也有研究^[6]认为,在老年人群中,肌肉含量、质量的下降将引起肌力减退、行动及平衡能力下降,从而增加骨质疏松性骨折风险。

新一代双能 X 线骨密度仪(DXA)在测定骨密度的同时可进行脂肪、肌肉等成分分析,所以,DXA是目前了解肌肉含量的主要手段^[7]。关于肌肉含量与骨量相关性临床研究已有许多,主要围绕肌肉含量变化与骨密度变化关系、骨质疏松骨折与非骨折人群肌肉含量比较^[8-11],但是,在一组人群中了解不同部位(髋部、腰部)的肌肉含量与骨密度关系的研究比较少见。本文将对 8 305 例来自同一家医院、同一台 DXA 的体检资料进行回顾性分析,了解 50 岁以上人群髋部、腰部肌肉含量与相应骨密度的变化趋势,分析不同年龄段中髋部、腰部肌肉含量与骨密度之间关系,旨在为临床骨质疏松预防提供部分新的研究数据和相应研究观点。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 研究对象:选取 2008 年 6 月至 2013 年 12 月在本院进行体检的 50 岁以上人群资料,按照排除标准筛选后,共纳入 8 305 人,其中男性 3 345 人,女性 4 960 人,均为长期定居苏州且有正常生活习惯的汉族人,同时收集每人对应年龄、身高、体重数据。

1.1.2 排除标准:体检中心记录了参加体检人员的既往病史及用药史,根据这些资料排除符合以下条件人员:①长期服用磷酸盐类、类固醇激素、雌激素、降钙素等影响骨代谢药物的治疗者;②合并慢性肝肾疾病、恶性肿瘤、糖尿病、免疫血液系统疾病等影

响骨代谢疾病者;③40 岁前行卵巢切除术者。

1.1.3 仪器:使用美国 Lunar 公司生产的双能 X 线骨密度仪(LUNAR,DPX-NT),射线扫描技术为笔型束,骨密度分析软件为 enCORE version 13 (GE Health)。

1.2 方法

1.2.1 体检时检测方法:身高和体重通过电子秤测量,身高脱鞋后测量(精确至 0.1 cm);体重脱去外衣后测量(精确至 0.1 kg);体质指数(bone mass index, BMI)通过体重/身高²(kg/m²)计算。骨密度检测部位(正位腰椎和左侧髋部):正位腰椎定位,上限位于 12 胸椎和第 1 腰椎间隙,下限位于第 4、5 腰椎间隙;左侧髋部定位,左足置于定位器上,左下肢内旋 15°~20°;系统自带软件自动划定兴趣区,在进行骨密度检测的同时收集腰椎及髋部周围肌肉组织占软组织的百分比。

1.2.2 分组:按性别分为男女两组,再按照年龄各分为 50~59、60~69、70~79、 ≥ 80 岁 4 组。

1.3 统计学处理

使用 SPSS 17.0 统计软件,各组数据均值按 $\bar{x} \pm s$ 表示,用 t 检验比较两组各项数据均值;用折线图显示局部肌肉含量及相应骨密度随年龄变化趋势,再按照不同年龄组用偏相关分析、多元线性回归方法分析局部肌肉含量与相应骨密度关系, $P < 0.05$ 认为有统计学意义。

2 结果

2.1 基本数据

女性与男性两组之间平均年龄、BMI 相近,而男性的平均身高、体重明显大于女性。在 DXA 测量数据方面,男性髋部和腰周肌肉比例均值都大于女性,且髋部肌肉比例更明显[(79.93 $\pm$ 5.09) vs (72.65 $\pm$ 5.56)]。无论男女,腰部肌肉比例均值都小于髋部

肌肉比例;男性股骨颈 T 值均值(-0.55 ± 1.09)远小于腰椎 T 值均值(0.23 ± 1.65),但女性中股骨颈 T 值均值(-1.16 ± 1.23)大于腰椎 T 值均值(-1.52 ± 1.56)。男性股骨颈、腰椎 BMD 均值以及股骨颈、腰椎 T 值均值都大于女性,其中男性腰椎 T 值均值

远大于女性[(0.23 ± 1.65) vs (-1.52 ± 1.56)]。以上数据差异均存在显著的统计学意义($P < 0.001$),见表 1。在男女两组中,根据年龄 50~59、60~69、70~79、 ≥ 80 岁各分为 4 组,共 8 组,分组后各组情况见表 2、表 3。

表 1 8 305 例研究对象的基本特征描述($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Descriptive characteristics of 8 305 study subjects($\bar{x} \pm s$)

项目	女性($n=4\ 960$)	男性($n=3\ 345$)	P 值
年龄/岁	63.5 $\pm$ 9.4	62.6 $\pm$ 9.6	<0.001
身高/cm	157.1 $\pm$ 5.4	169.2 $\pm$ 5.7	<0.001
体重/kg	58.3 $\pm$ 9.2	69.8 $\pm$ 10.0	<0.001
BMI/(kg/m ²)	23.60 $\pm$ 3.37	24.34 $\pm$ 3.07	<0.001
股骨颈骨密度/(g/cm ²)	0.79 $\pm$ 0.15	0.91 $\pm$ 0.14	<0.001
股骨颈 T 值	-1.16 $\pm$ 1.23	-0.55 $\pm$ 1.09	<0.001
股骨颈骨矿盐含量/(g/cm)	3.56 $\pm$ 0.78	4.77 $\pm$ 0.91	<0.001
髋部肌肉比例/%	72.65 $\pm$ 5.56	79.93 $\pm$ 5.09	<0.001
腰椎骨密度/(g/cm ²)	0.96 $\pm$ 0.19	1.13 $\pm$ 0.20	<0.001
腰椎 T 值	-1.52 $\pm$ 1.56	0.23 $\pm$ 1.65	<0.001
腰椎骨矿盐含量/(g/cm)	26.54 $\pm$ 6.69	37.09 $\pm$ 8.14	<0.001
腰部肌肉比例/%	67.34 $\pm$ 8.24	72.66 $\pm$ 8.38	<0.001

表 2 女性根据年龄分组后基本特征($\bar{x} \pm s$)

Table 2 The baseline characteristics of females in different age groups($\bar{x} \pm s$)

项目	50~59 岁 ($n=2\ 156$)	60~69 岁 ($n=1\ 584$)	70~79 岁 ($n=907$)	≥ 80 岁 ($n=313$)
年龄/岁	55.2 $\pm$ 2.8	64.5 $\pm$ 2.8	74.4 $\pm$ 2.8	84.1 $\pm$ 3.5
身高/cm	158.5 $\pm$ 5.1	156.9 $\pm$ 5.3	155.3 $\pm$ 5.4	154.2 $\pm$ 5.4
体重/kg	59.9 $\pm$ 8.6	58.6 $\pm$ 9.0	56.4 $\pm$ 9.3	51.9 $\pm$ 9.4
BMI/(kg/m ²)	23.83 $\pm$ 3.17	23.78 $\pm$ 3.36	23.37 $\pm$ 3.56	21.81 $\pm$ 3.66
股骨颈骨密度/(g/cm ²)	0.87 $\pm$ 0.13	0.77 $\pm$ 0.12	0.70 $\pm$ 0.14	0.63 $\pm$ 0.12
髋部肌肉比例/%	73.70 $\pm$ 4.78	72.65 $\pm$ 5.50	70.80 $\pm$ 6.17	70.85 $\pm$ 6.95
腰椎骨密度/(g/cm ²)	1.03 $\pm$ 0.17	0.92 $\pm$ 0.17	0.90 $\pm$ 0.19	0.86 $\pm$ 0.19
腰部肌肉比例/%	68.05 $\pm$ 7.39	66.26 $\pm$ 8.05	66.70 $\pm$ 9.11	69.78 $\pm$ 10.79

表 3 男性根据年龄分组后基本特征($\bar{x} \pm s$)

Table 3 The baseline characteristics of males in different age groups($\bar{x} \pm s$)

项目	50~59 岁 ($n=1\ 662$)	60~69 岁 ($n=930$)	70~79 岁 ($n=530$)	≥ 80 岁 ($n=223$)
年龄/岁	54.9 $\pm$ 2.8	64.3 $\pm$ 2.8	74.7 $\pm$ 2.9	84.0 $\pm$ 3.4
身高/cm	170.4 $\pm$ 5.5	168.2 $\pm$ 5.6	167.9 $\pm$ 5.8	167.3 $\pm$ 6.1
体重/kg	72.3 $\pm$ 9.5	69.1 $\pm$ 9.4	65.6 $\pm$ 9.8	63.6 $\pm$ 10.3
BMI/(kg/m ²)	24.87 $\pm$ 2.86	24.39 $\pm$ 2.94	23.26 $\pm$ 3.19	22.73 $\pm$ 3.52
股骨颈骨密度/(g/cm ²)	0.95 $\pm$ 0.12	0.90 $\pm$ 0.13	0.83 $\pm$ 0.15	0.80 $\pm$ 0.15
髋部肌肉比例/%	81.21 $\pm$ 4.17	80.08 $\pm$ 4.78	77.62 $\pm$ 5.91	75.23 $\pm$ 5.87
腰椎骨密度/(g/cm ²)	1.11 $\pm$ 0.17	1.13 $\pm$ 0.20	1.15 $\pm$ 0.25	1.17 $\pm$ 0.25
腰部肌肉比例/%	73.16 $\pm$ 7.73	72.61 $\pm$ 8.46	71.74 $\pm$ 9.43	71.34 $\pm$ 9.72

2.2 肌肉含量及相应骨密度变化趋势

本组男性:髋部肌肉含量、股骨颈骨密度随年龄增加均呈明显下降趋势,腰部肌肉含量随年龄增加无显著改变,腰椎骨密度随年龄增加呈明显上升趋势。

本组女性:髋部肌肉含量、股骨颈骨密度、腰椎

骨密度随年龄增加均呈现出下降趋势,腰部肌肉含量随年龄增加变化较为复杂,呈先下降后上升趋势。

图 1、图 2 所示为男性、女性中髋部、腰部肌肉含量以及腰椎股骨颈骨密度随年龄变化趋势的折线图。

2.3 髋部和腰部肌肉含量与骨密度的相关性

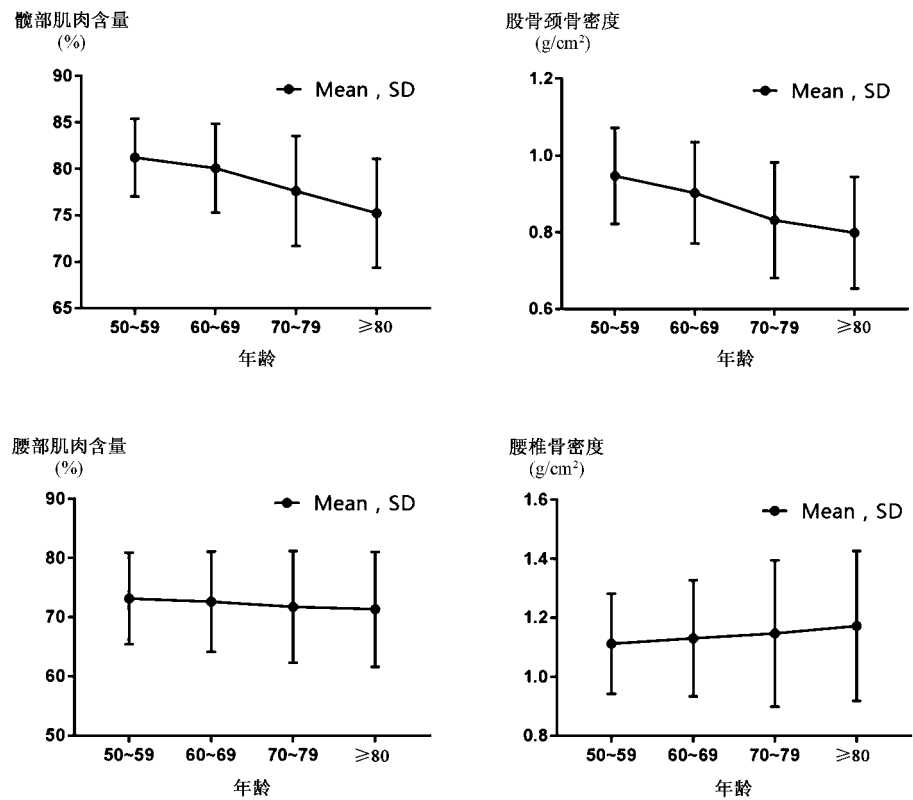


图 1 男性局部肌肉含量及相应骨密度随年龄变化趋势

Fig.1 The trend of local muscle content and bone mineral density with aging in males

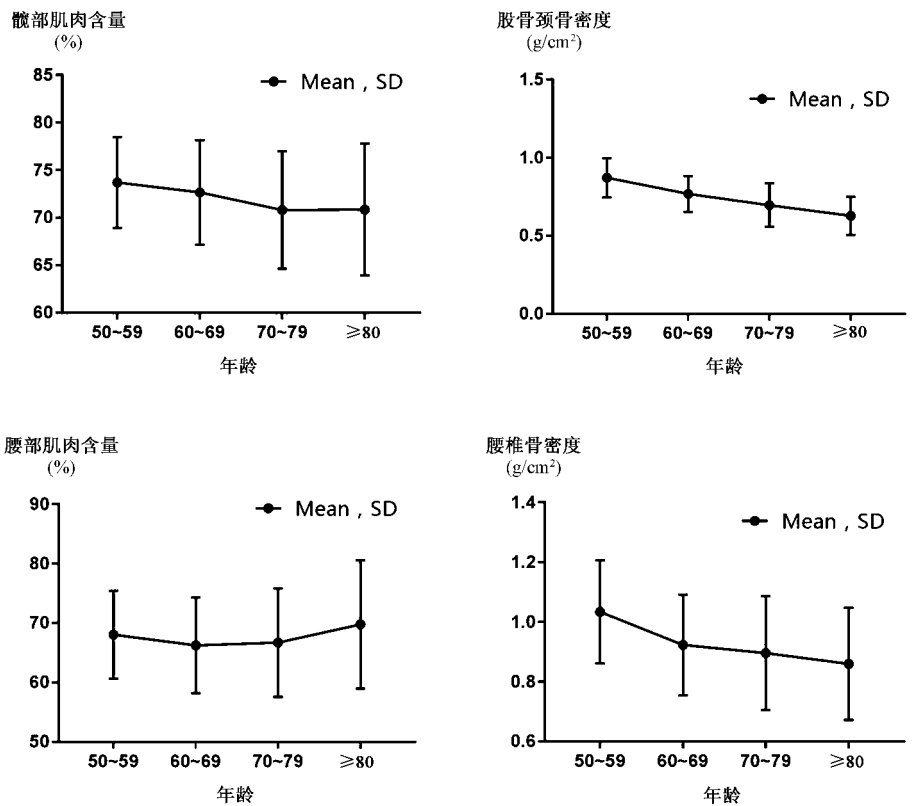


图 2 女性局部肌肉含量及相应骨密度随年龄变化趋势

Fig.2 The trend of local muscle content and bone mineral density with aging in females

校正年龄、身高、体重、BMI 等因素后的局部肌肉含量与骨密度偏相关分析结果见表 4。

在男性及女性中,在 50~59、60~69 岁这两个年龄段的偏相关分析中,髋周肌肉含量与股骨颈骨密度具有正相关关系,具有显著的统计学意义 ($P < 0.05$),其中,60~69 岁组中髋周肌肉含量与股骨颈

骨密度的相关系数最大。然而在 70~79、 ≥ 80 岁组中,髋周肌肉含量与股骨颈骨密度无相关关系。除了在男性 70~79 岁年龄段中,腰周肌肉含量与腰椎骨密度具有显著的负相关关系 ($P = 0.008 < 0.05$) 外,其余各年龄段中腰周肌肉含量与腰椎骨密度无相关关系。

表 4 校正年龄、身高、体重、体质指数等因素后的局部肌肉含量与骨密度偏相关分析结果

Table 4 The partial correlation analysis of local muscle content and bone mineral density after adjusting for age, height, weight, and BMI

年龄/岁	女性				男性			
	髋部		腰部		髋部		腰部	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
50~59	0.072	0.001	0.010	0.630	0.057	0.021	-0.009	0.721
60~69	0.131	<0.001	-0.013	0.594	0.134	<0.001	0.017	0.609
70~79	0.039	0.247	-0.025	0.448	0.042	0.338	-0.116	0.008
≥ 80	-0.038	0.511	-0.110	0.054	0.099	0.146	-0.117	0.083

2.4 髋部和腰部肌肉含量与骨密度的回归结果

运用多元线性回归模型进一步分析 50~59、60~69 岁两个年龄段中男女的髋部肌肉含量与股骨颈骨密度之间的回归系数(表 5)。无论男女,在 60~69 岁组中的回归系数 β 以及校正决定系数 R_{adj}^2 显著大于 50~59 岁组,由此可见,髋部肌肉含量对股骨颈骨密度影响最大的年龄段在 60~69 岁,且该年龄段内建立的回归模型对数据的拟合程度最佳。

表 5 校正年龄、身高、体质指数等因素后的髋周肌肉含量与股骨颈骨密度线性回归结果

Table 5 The linear regression of hip muscle content and bone mineral density after adjusting for age, height, and BMI

年龄/岁	女性		男性	
	β	R_{adj}^2	β	R_{adj}^2
50~59	0.072 *	0.218	0.059 *	0.117
60~69	0.129 *	0.222	0.143 *	0.165

注: * $P < 0.05$ 。

3 讨论

肌肉与骨骼共同组成运动系统,两者存在紧密联系和相互影响,肌肉系统的衰退会导致肌肉萎缩、功能减退,这些肌肉系统变化也会导致骨骼骨量下降;这些年,有研究者将进行性肌肉含量减少、肌肉力量下降和肌肉功能减退为特征的综合征归类肌少症(sarcopenia),还提出肌少症与骨质疏松症常常伴行,构成影响老年人生活质量的“活动障碍综合征(dysmobility syndrome)”^[6]。He 等^[10]用双能 X 线骨密度仪对 17 891 名不同民族人群的骨密度以及人体成分进行测量分析,结果发现瘦体重(主要为

肌肉)与骨密度具有显著相关的关系,瘦体重越高,骨密度越高;Cui 等^[11]对 1 406 名成年人不同部位骨密度及身体成分的关系进行了类似的分析,得出与 He 研究一致的结果,证实了肌肉含量与骨密度之间的正相关关系。目前关于肌肉对骨骼的作用机制,有许多研究认为:①肌肉可分泌内分泌因子如 IL-6、IGF-1、FGF-2 等影响骨代谢^[12-13],相关细节仍待进一步研究;②肌肉收缩的力学刺激在骨骼的发育中具有主要的作用,骨组织内存在大量的微管结构,肌肉收缩产生的力传导至骨骼,作用于该系统并使其内液体流动,刺激骨细胞产生一系列复杂的电化学反应,引起信号传导通路的变化,同时液体流动产生的动态应力变化可促进成骨细胞增殖分化、抑制其凋亡从而影响骨的重建或改建^[14-16]。

本研究中髋部肌肉含量与股骨颈骨密度的偏相关分析结果显示,无论男女,50~59、60~69 岁组中两者是呈正相关的,Kim 等^[17]对 1 275 名韩国中老年人的四肢肌肉含量以及股骨颈骨密度进行测量分析发现两者之间具有显著的正相关关系,本研究结果与韩国学者研究相符。

那么,肌肉含量与骨密度的正相关性,在不同年龄组有没有差异?本研究结果提示,50~59、60~69 岁组中髋部肌肉含量与股骨颈骨密度存在正相关关系,笔者进行了多重线性回归分析,结果显示无论男女两组,在 60~69 岁这个年龄段髋部肌肉含量对股骨颈骨密度的影响最为显著。然而本研究中在 70~79、 ≥ 80 岁两组中这种相关性不显著,出现这一现象的可能原因是肌肉含量通常随年龄增加而下降,但是下降的速度在不同年龄段存在差异;另外,还有

研究表明肌肉含量在儿童时期呈逐渐增加趋势,约40岁前后达到稳定,之后每年以1%~2%的速度降低^[18];根据Patel等^[19]的报道,在40~80岁期间,“肌肉含量”总体下降30%~50%,50~60岁期间,“肌肉功能”每年下降1%~2%,60岁以后每年以3%的速度下降;由此可见,肌肉含量随着年龄下降的趋势在每个年龄段都具有差异性,同时肌肉力量的下降速度远比肌肉含量的下降速度快,肌肉含量不变的情况下肌肉力量仍会随着年龄增加而下降^[20],而肌肉含量、肌肉力量亦有报道对骨密度具有独立的影响^[10,21-22],所以在70~79、≥80岁的年龄段,髋部肌肉含量与股骨颈骨密度无明显相关关系。

在本研究中,笔者对腰部肌肉含量与腰椎骨密度(L₁₋₄)进行了偏相关分析,结果发现在女性任一年龄段中两者均无相关性,在男性中两者之间关系则较为复杂。Kim等^[5]对1702名成年男性及2192名绝经前妇女调查显示,女性骨密度较男性骨密度更易受肌肉含量的影响,且女性中腰椎骨密度与肌肉含量无相关性,提示肌肉含量与骨密度的关系存在性别差异以及部位差异。造成这种差异性可能的原因是:①腰椎属于富含松质骨的中轴骨,股骨颈属于富含皮质骨的外周骨,由于松质骨代谢较活跃,约为皮质骨的8倍^[23],受雌激素等内分泌因素影响较大,而股骨承受的体力活动、负重以及机械负荷等应力作用较多,因此股骨颈骨密度受肌肉产生的应力因素影响更大^[24-25]。②有研究发现,随着年龄的增加,男性骨量丢失速度是股骨Ward三角>股骨颈>股骨粗隆>腰椎,且腰椎骨质增生发生率较大,导致男性腰椎骨量基本不变甚至增加的现象^[26],因此腰部肌肉含量对腰椎骨量影响不大,这可能是男性中腰椎骨密度与肌肉含量无相关性,甚至会出现负相关的原因。

本研究仍存在较多不足之处:①由于研究条件限制,有许多影响骨密度的因素如体力活动、肌肉强度等未能进行收集并进行相应的校正。②DXA测量亦有其不足,如分辨浸润肌肉中脂肪组织精确度不足,可能会过高地估计肥胖体检人群的肌肉质量,并且DXA测定的腰部肌肉包括腰腹部和腰背部肌肉,本研究未能具体区别两者对腰椎骨密度的影响。

综上,笔者认为,50岁以上的人群中,无论男女,腰部肌肉对腰椎骨密度基本无影响,在70岁以前(尤其是在60~69岁)髋部肌肉含量对股骨颈骨密度影响显著,70岁以后髋部肌肉含量与股骨颈骨

密度无关。该结论提示在肌少症与骨质疏松症相关范畴,建议50~70岁人群应关注下肢肌肉含量提高,以利骨量提高;70岁以上老年人群,应更关注下肢肌肉含量之外骨质疏松症危险因素预防。

【参 考 文 献】

- [1] Girgis, Christian M. Integrated therapies for osteoporosis and sarcopenia; from signaling pathways to clinical trials[J]. *Calcif Tissue Int*, 2015, 96(3):243-255.
- [2] Binkley N, Krueger D, Buehring B. What's in a name revisited: should osteoporosis and sarcopenia be considered components of dysmobility syndrome? [J]. *Osteoporosis Int*, 2013, 24(12):2955-2959.
- [3] Makovey J, Naganathan V, Sambrook P. Gender differences in relationships between body composition components, their distribution and bone mineral density: a cross-sectional opposite sex twin study[J]. *Osteoporosis Int*, 2005, 16(12):1495-1505.
- [4] Kim JH, Choi SH, Lim S, et al. Thigh muscle attenuation measured by computed tomography was associated with the risk of low bone density in community-dwelling elderly population. [J]. *Clin Endocrinol*, 2013, 78(4):512-517.
- [5] Kim IJ, Kang KY. Low skeletal muscle mass is associated with the risk of low bone mineral density in urban dwelling premenopausal women [J]. *Calcif Tissue Int*, 2017, 101(6):581-592.
- [6] Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International Working Group on Sarcopenia[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2011, 12(4):249-256.
- [7] Chen LK, Liu LK, Woo J, et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2014, 15(2):95-101.
- [8] Taaffe DR, Cauley JA, Danielson M, et al. Race and sex effects on the association between muscle strength, soft tissue, and bone mineral density in healthy elders; the Health, Aging, and Body Composition Study. [J]. *J Bone Miner Res*, 2010, 16(7):1343-1352.
- [9] Pluijm SMF, Visser M, Smit JH, et al. Determinants of Bone Mineral Density in Older Men and Women: Body Composition as Mediator [J]. *J Bone Miner Res*, 2001, 16(11):2142-2151.
- [10] He H, Liu Y, Tian Q, et al. Relationship of sarcopenia and body composition with osteoporosis [J]. *Osteoporosis Intl*, 2016, 27(2):473-482.
- [11] Cui LH, Shin MH, Kweon SS, et al. Relative contribution of body composition to bone mineral density at different sites in men and women of South Korea [J]. *J Bone Miner Metab*, 2007, 25(3):165-171.
- [12] Digirolamo DJ, Clemens TL, Kousteni S. The skeleton as an endocrine organ [J]. *Nat Rev Rheumatol*, 2012, 8(11):674-83.
- [13] Karstoft K, Pedersen BK. Skeletal muscle as a gene regulatory

- endocrine organ[J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2016, 19(4):270-275.
- [14] Burger EH, Klein Nulend J. Mechanotransduction in bone - Role of the lacuno-canalicular network [J]. *FASEB J*, 1999, 13(Suppl 8):S101.
- [15] Price C, Zhou X, Li W, et al. Real-time measurement of solute transport within the lacunar-canalicular system of mechanically loaded bone: Direct evidence for load-induced fluid flow[J]. *J Bone Miner Res*, 2011, 26(2):277-285.
- [16] Aisha MD, Nor-Ashikin MNK, Sharaniza ABR, et al. Orbital fluid shear stress promotes osteoblast metabolism, proliferation and alkaline phosphates activity in vitro [J]. *Exp Cell Res*, 2015, 337(1):87-93.
- [17] Kim BJ, Ahn SH, Kim HM, et al. Low skeletal muscle mass associates with low femoral neck strength, especially in older Korean women; the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV) [J]. *Osteoporosis Int*, 2015, 26(2):737-747.
- [18] Sayer AA, Robinson SM, Patel HP, et al. New horizons in the pathogenesis, diagnosis and management of sarcopenia[J]. *Age Ageing*, 2013, 42(2):145-150.
- [19] Patel HP, Syddall HE, Jameson K, et al. Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people in the UK using the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definition: findings from the Hertfordshire Cohort Study (HCS)[J]. *Age Ageing*, 2013, 42(3):378-384.
- [20] Delmonico MJ, Harris TB, Visser M, et al. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration[J]. *Am J Clin Nutr*, 2009, 90(6):1579.
- [21] Blain H, Vuillemin A, Teissier A, et al. Influence of muscle strength and body weight and composition on regional bone mineral density in healthy women aged 60 years and over[J]. *Gerontology*, 2001, 47(4):207-212.
- [22] Verschueren S, Gielen E, O'Neill TW, et al. Sarcopenia and its relationship with bone mineral density in middle-aged and elderly European men[J]. *Osteoporosis Int*, 2013, 24(1):87-98.
- [23] Grampp S, Genant HK, Mathur A, et al. Comparisons of noninvasive bone mineral measurements in assessing age-related loss, fracture discrimination, and diagnostic classification[J]. *J Bone Miner Res*, 1997, 12(5):697-711.
- [24] Cauley JA, Robbins J, Chen Z, et al. Effects of estrogen plus progestin on risk of fracture and bone mineral density: the women's health initiative randomized trial[J]. *JAMA*, 2003, 290(13):1729-1738.
- [25] Lindsay R, Gallagher JC, Kleerekoper M, et al. Bone response to treatment with lower doses of conjugated estrogens with and without medroxyprogesterone acetate in early postmenopausal women[J]. *Osteoporosis Int*, 2005, 16(4):372-379.
- [26] Seeman E. Osteoporosis in men[J]. *Osteoporosis Int*, 1996, 6(1):95-95.

(收稿日期: 2019-03-28)