

中国成年人身高降低与跟骨骨密度的关联分析

申泽薇¹ 孙至佳¹ 余灿清¹ 郭彧² 卞铮² 裴培² 杜怀东³ 陈君石⁴ 陈铮鸣⁵
吕筠^{1,5} 李立明¹ 代表中国慢性病前瞻性研究项目协作组

¹北京大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系 100191; ²中国医学科学院, 北京 100730; ³英国牛津大学临床试验与流行病学研究中心 OX3 7LF; ⁴国家食品安全风险评估中心, 北京 100022; ⁵北京大学分子心血管学教育部重点实验室 100191

通信作者: 吕筠, Email: lvjun@bjmu.edu.cn

【摘要】 目的 分析身高降低与跟骨骨密度的关联。方法 研究对象为参加中国慢性病前瞻性研究第二次重复调查者, 此次调查时采用定量超声骨密度仪测定跟骨骨密度。本研究纳入分析 24 231 人。采用线性回归分析基线至重复调查的身高变化与重复调查时骨密度指标之间的关联。结果 基线至重复调查平均间隔时间为(8.0±0.8)年, 身高降低≥1.0 cm者占33.0%, ≥3.0 cm者占3.7%。控制潜在混杂因素后, 身高降低与骨密度水平的关联存在线性趋势(均 $P<0.001$)。身高降低1.0 cm, 宽带超声衰减、超声声速和强度指数分别变化-0.79(-0.95~-0.63)、-2.74(-3.35~-2.13)和-1.29(-1.54~-1.04)。与身高稳定者相比, 身高降低≥3.0 cm者的宽带超声衰减、超声声速和强度指数的 β 值(95%CI)依次为-3.29(-4.08~-2.50)、-10.70(-13.66~-7.73)和-5.16(-6.36~-3.96)。亚组分析显示, 上述关联在女性、年龄≥55岁和低体力活动中更为显著。结论 身高降低幅度越大, 骨密度指标越低。身高作为容易测量的体格指标, 应该定期关注其变化情况, 以早期发现和预防骨质疏松症等骨骼健康问题。

【关键词】 身高降低; 骨密度; 跟骨; 队列研究

基金项目: 国家自然科学基金(91846303); 国家重点研发计划精准医学研究重点专项(2016YFC0900500); 中国香港 Kadoorie Charitable 基金; 英国 Wellcome Trust(212946/Z/18/Z, 202922/Z/16/Z, 104085/Z/14/Z, 088158/Z/09/Z)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20191005-00716

Association between height loss and calcaneus bone mineral density in Chinese adults

Shen Zewei¹, Sun Zhijia¹, Yu Canqing¹, Guo Yu², Bian Zheng², Pei Pei², Du Huaidong³, Chen Junshi⁴, Chen Zhengming³, Lyu Jun^{1,5}, Li Liming¹, for the China Kadoorie Biobank Collaborative Group

¹Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China; ²Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China; ³Clinical Trial Service Unit and Epidemiological Studies Unit, Nuffield Department of Population Health, University of Oxford, Oxford OX3 7LF, UK; ⁴China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China; ⁵Key Laboratory of Molecular Cardiovascular Sciences, Ministry of Education, Peking University, Beijing 100191, China

Corresponding author: Lyu Jun, Email: lvjun@bjmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To examine the association between height loss and calcaneus bone mineral density (BMD) through data gathered from the China Kadoorie Biobank (CKB). **Methods** The present study included 24 231 participants who attended the CKB resurvey during 2013–2014, in which calcaneus BMD was measured by quantitative ultrasound method for the first time. Height loss was calculated according to the differences appeared in height measurement between baseline and resurvey. We used linear regression models to estimate the association between height loss and BMD measures. **Results** The mean interval between baseline and resurvey was (8.0±0.8) years. 33.0% of the participants showed a height loss of ≥1.0 cm, and another 3.7% were with height loss of ≥3.0 cm. After adjustment for potential confounders, there was a linear correlation seen between height loss and BMD (P for all linear trend were <0.001). The β s (95%CI) for each 1.0 cm of height loss were -0.79

(-0.95- -0.63) for broadband ultrasound attenuation (BUA), -2.74 (-3.35- -2.13) for speed of sound (SOS), and -1.29 (-1.54- -1.04) for stiffness index (SI). Compared with participants with stable height, the multivariate-adjusted β s (95% CIs) for those with height loss of ≥ 3.0 cm were -3.29 (-4.08- -2.50) for BUA, -10.70 (-13.66- -7.73) for SOS, and -5.16 (-6.36- -3.96) for SI, respectively. According to the subgroup analyses, the association of height loss with BMD measures seemed to be more apparent among females, in those aged ≥ 55 years, and those being less physically active.

Conclusions BMD became lower with the increase of height loss. Regular height measurement may contribute to the early diagnosis and prevention of osteoporosis.

【Key words】 Height loss; Bone mineral density; Calcaneus; Cohort study

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (91846303); National Key Research and Development Program of China (2016YFC0900500); Kadoorie Charitable Foundation in Hong Kong; Wellcome Trust in the UK (212946/Z/18/Z, 202922/Z/16/Z, 104085/Z/14/Z, 088158/Z/09/Z)

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20191005-00716

骨质疏松症是最常见的骨疾病之一,其诊断主要基于骨密度测量结果和/或脆性骨折。与同种族、同性别的健康成人骨峰值相比,骨密度值降低 ≥ 2.5 个标准差可诊断为骨质疏松症^[1]。2016年中国人群中女性和男性骨质疏松症患病率分别为25.41%和15.33%^[2]。骨质疏松症可防可治,但目前我国骨质疏松症诊疗率较低,即使在发生脆性骨折的患者中,骨质疏松症的诊断率仅为56.8%^[3]。既往研究发现,身高降低与骨骼健康密切相关,而身高降低是衰老过程中的常见现象^[4],且易于测量。国外研究提示,身高降低越多,骨密度水平越低^[5-11]。但此关联在不同年龄、性别和体力活动水平的人群中是否存在仍待商榷,且中国人群的证据较少。本研究旨在利用中国慢性病前瞻性研究项目(China Kadoorie Biobank,CKB)基线调查和重复调查的数据,研究身高降低与跟骨骨密度的关联。

对象与方法

1. 研究对象:CKB项目在全国5个城市和5个农村项目地区开展^[12-14]。队列成员基线募集开展于2004—2008年,对512 715人完成问卷调查、体格测量和血标本采集。2013—2014年对5%的队列成员开展第二次重复调查(重复调查),首次增加骨密度的测量。本研究以参加重复调查的25 034名队列成员为基础,剔除骨密度数据缺失者($n=360$)、基线至重复调查期间经队列随访系统确定发生椎骨骨折者($n=72$)、身高增加 > 2.0 cm者($n=375$),最终纳入24 231名队列成员。

2. 研究内容:基线和重复调查时,由受过专业培训的技术人员按照统一的操作流程测量研究对象脱鞋后的身高。身高的测量采用统一身高仪,测量精确到0.1 cm。身高降低为基线调查与重复调查时测量的身高之差。当按分类变量进行分析时,按差值(cm)大小分为: < 1.0 (身高相对稳定), $1.0 \sim$ (轻度

身高降低), $2.0 \sim$ (中度身高降低), ≥ 3.0 (重度身高降低)。

在重复调查中使用GE Achilles EXP II定量超声骨密度仪,现场测定研究对象的跟骨骨密度。测定时,研究对象处于坐姿,其左右足跟分别置于仪器上,用水作耦合剂,在200 kHz至1.5 MHz频率下可测得或计算得出以下指标^[15]:①宽带超声衰减(broadband ultrasound attenuation, BUA):信号穿过足跟后的衰减,以dB/MHz表示,可反映骨密度和结构;②超声声速(speed of sound, SOS):超声穿过足跟时的速度,以m/s表示,可反映骨密度和骨质量;③强度指数(stiffness index, SI) = $(0.67 \times \text{BUA}) + (0.28 \times \text{SOS}) - 420$,综合反映骨强度。

本研究分析中涉及的其他社会人口学信息、生活方式特征、个人健康状况等为重复调查时通过调查员面对面询问调查对象获得;血糖、肺功能等指标为重复调查时经统一培训过的调查员采用统一的工具或流程测量所得。

3. 统计学分析:采用一般线性回归(连续变量)或二分类logistic回归(二分类变量)模型,比较不同身高降低分组的研究对象的重复调查特征,报告调整年龄、性别及地区后的均数或构成比。身高变化与骨密度指标(BUA、SOS、SI)的分布近似正态分布(结果未展示),采用线性回归分析身高变化与骨密度指标之间的关联,以身高变化分类变量为自变量,以身高降低 < 1.0 cm为参照组,以骨密度指标为因变量。模型中分别调整以下可能的混杂因素:模型1调整性别、10个项目地区、年龄;模型2进一步调整文化程度、职业、家庭收入、婚姻状况、吸烟^[16]、饮酒^[17]、体力活动^[18]、自报或现场血糖检测患有糖尿病^[19]、自评健康,在女性中增加调整绝经状态;模型3进一步调整重复调查时测量的身高。所有分析在进行线性趋势检验时,身高变化按组别中位数进行赋值,作为连续变量纳入模型。同时采用非参数限

制性三次样条函数分析身高降低与骨密度指标的关系趋势,选取 P_5 、 P_{35} 、 P_{65} 、 P_{95} 为曲线必经节点。采用似然比 χ^2 检验比较包括样条转换项的模型与不包括该项的模型,对非线性趋势进行统计学检验。

为检验效应值的稳健性,在模型 3 的基础上进行敏感性分析,进一步调整奶制品(酸奶、牛奶、其他奶制品)的摄入频率、摄入钙铁锌营养剂、自报患有慢性肾病、哮喘、自报或现场检测患有慢性阻塞性肺疾病。

采用似然比方法检验身高变化分类变量与性别、年龄(<55 岁, ≥55 岁)、体力活动水平(按性别的三分位数进行分层,女性低、中和高水平体力活动分别为 <10.20、10.20 ~、≥19.63 MET-h/d,男性为 <9.40、9.40 ~、≥22.20 MET-h/d)的交互作用,比较有、无交互项的模型是否存在统计学意义。数据分析采用 Stata 15.0 软件进行,双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般情况:在纳入分析的 24 231 名研究对象中,重复调查时年龄为 (59.0 ± 10.1) 岁,女性占

61.8%,农村居民占 56.9%。女性和男性在重复调查时的身高分别为 (153.4 ± 6.1) cm 和 (164.7 ± 6.5) cm。基线至重复调查间隔时间为 (8.0 ± 0.8) 年,身高降低 $M = 0.4$ cm ($IQR: 1.4$ cm),身高降低 ≥1.0 cm 者占 33.0%, ≥3.0 cm 者占 3.7%。与身高稳定者相比,身高降低 ≥3.0 cm 者的 BUA、SOS 和 SI 更低,身高降低者年龄更大,女性、农村人口、低文化程度、自评健康差者占比更高。见表 1。

2. 身高降低与骨密度的关联:控制潜在混杂因素后发现,身高降低与骨密度的关联存在线性趋势, BUA、SOS 和 SI 的三次样条函数的非线性趋势检验 P 值分别为 0.62、0.33 和 0.52(三次样条关联曲线图未展示);身高每降低 1.0 cm, BUA、SOS 和 SI 分别变化 -0.79(-0.95 ~ -0.63)、-2.74(-3.35 ~ -2.13)和 -1.29(-1.54 ~ -1.04)。见表 2。敏感性分析显示,在额外调整其他潜在混杂因素后,身高降低与骨密度之间的效应值无明显变化(结果未展示)。

身高降低和骨密度的关联存在性别差异,在女性中关联效应值更大, BUA、SOS 和 SI 的性别交互作用 P 值均 <0.001(图 1)。年龄对于身高降低与骨

表 1 24 231 名调查对象不同身高降低组在重复调查时的基本特征

基本特征	身高降低(cm)				线性 P 值
	稳定	1.0 ~	2.0 ~	≥3.0	
人数(%)	16 240(67.0)	5 279(21.8)	1 823(7.5)	889(3.7)	
身高[cm, $\bar{x}(M)$]					
男性	164.9(6.4)	164.7(6.5)	163.4(6.3)	161.2(6.7)	<0.001
女性	154.2(5.8)	152.8(5.9)	151.3(6.2)	148.7(7.0)	<0.001
身高降低[cm, $\bar{x}(M)$]	-0.1(0.7)	1.4(0.3)	2.4(0.3)	4.5(2.5)	<0.001
骨密度[$\bar{x}(M)$]					
宽带超声衰减	110.2(11.6)	109.4(11.6)	107.6(11.6)	105.8(11.6)	<0.001
超声声速	1 556.2(43.4)	1 554.1(43.2)	1 549.2(43.4)	1 545.9(43.2)	<0.001
强度指数	89.1(17.6)	88.0(17.5)	85.4(17.6)	83.3(17.5)	<0.001
社会人口学特征					
年龄[岁, $\bar{x}(M)$]	57.6(9.9)	60.7(9.8)	63.0(10.0)	66.0(10.1)	<0.001
女性(%)	9 928(61.1)	3 268(61.9)	1 162(63.7)	611(68.7)	<0.001
农村(%)	8 526(52.5)	3 268(61.9)	1 332(73.1)	667(75.0)	<0.001
初中及以上(%)	7 866(48.4)	2 463(46.7)	814(44.7)	396(44.5)	<0.001
已婚(%)	14 206(87.5)	4 618(87.5)	1 565(85.9)	762(85.7)	0.021
农业劳动者或工人(%)	5 988(36.9)	2 099(39.8)	751(41.2)	356(40.0)	<0.001
收入 ≥5 万元/年(%)	7 063(43.5)	2 257(42.8)	770(42.2)	369(41.5)	0.087
生活方式因素(%)					
男性每日吸烟	3 611(57.2)	1 213(60.3)	391(59.2)	157(56.6)	0.176
女性每日吸烟	226(2.3)	72(2.2)	27(2.3)	12(2.0)	0.722
男性每日饮酒	1 255(19.9)	438(21.8)	130(19.7)	50(18.1)	0.696
女性每日饮酒	130(1.3)	44(1.3)	18(1.5)	8(1.3)	0.754
体力活动水平[MET-h/d, $\bar{x}(M)$]	18.1(12.7)	18.6(12.7)	18.4(12.7)	16.7(12.7)	0.637
患糖尿病(%)	1 686(10.4)	488(9.3)	145(8.0)	70(7.9)	<0.001
自评健康差(%)	2 004(12.3)	703(13.3)	234(12.8)	154(17.3)	<0.001
女性已绝经(%)	7 717(76.0)	2 527(77.3)	919(79.1)	485(79.3)	<0.001

注: MET: 体力活动代谢当量; 身高、身高降低、年龄、性别和地区不作任何调整, 其余各项均同时调整年龄(连续变量)、项目地区和性别

表2 24 231名调查对象身高降低与骨密度的关联分析

骨密度	身高降低(cm)				身高每降低1.0 cm
	稳定	1.0~	2.0~	≥3.0	
人数(%)	16 240(67.0)	5 279(21.8)	1 823(7.5)	889(3.7)	
宽带超声衰减					
模型1	0.00	-0.75(-1.12~-0.39)	-2.59(-3.16~-2.02)	-4.38(-5.17~-3.59)	-1.04(-1.20~-0.88)
模型2	0.00	-0.65(-1.01~-0.28)	-2.34(-2.91~-1.77)	-3.85(-4.63~-3.06)	-0.92(-1.08~-0.76)
模型3	0.00	-0.52(-0.89~-0.16)	-2.08(-2.65~-1.52)	-3.29(-4.08~-2.50)	-0.79(-0.95~-0.63)
超声声速					
模型1	0.00	-2.06(-3.43~-0.68)	-7.01(-9.15~-4.88)	-10.28(-13.23~-7.33)	-2.62(-3.22~-2.01)
模型2	0.00	-1.90(-3.27~-0.53)	-6.59(-8.73~-4.46)	-9.15(-12.10~-6.20)	-2.39(-2.99~-1.78)
模型3	0.00	-2.25(-3.62~-0.88)	-7.30(-9.44~-5.17)	-10.70(-13.66~-7.73)	-2.74(-3.35~-2.13)
强度指数					
模型1	0.00	-1.07(-1.63~-0.52)	-3.67(-4.54~-2.81)	-5.78(-6.97~-4.58)	-1.42(-1.67~-1.18)
模型2	0.00	-0.96(-1.51~-0.41)	-3.39(-4.25~-2.53)	-5.11(-6.30~-3.92)	-1.28(-1.52~-1.03)
模型3	0.00	-0.97(-1.53~-0.42)	-3.42(-4.28~-2.56)	-5.16(-6.36~-3.96)	-1.29(-1.54~-1.04)

注:模型1调整性别、10个项目地区、年龄(连续变量);模型2进一步调整文化程度(未正规上过小学、小学、初中、高中、大专、大学及以上),职业(农林牧渔劳动者、工人、行政及管理人员、专业技术人员、销售及服务工作人员、离退休、家务、私营业主、待业/下岗、其他),家庭收入(<2 500、2 500~、5 000~、10 000~、20 000~、35 000~、50 000~、75 000~、≥100 000元),婚姻状况(已婚、丧偶、分居/离异、从未结婚),吸烟(不吸烟、非因病戒烟、当前每日吸烟或因病戒烟前每日吸1~、15~、≥25支),饮酒(非每周饮酒、曾经饮酒、每周但非每天饮酒、每天纯酒精摄入<15、15~、30~、≥60 g),体力活动(MET-h/d),自报或现场血糖检测患有糖尿病(是、否),自评健康(良好、较好、一般、较差);模型3进一步调整重复调查时测量的身高(cm);线性趋势检验的P值均<0.001

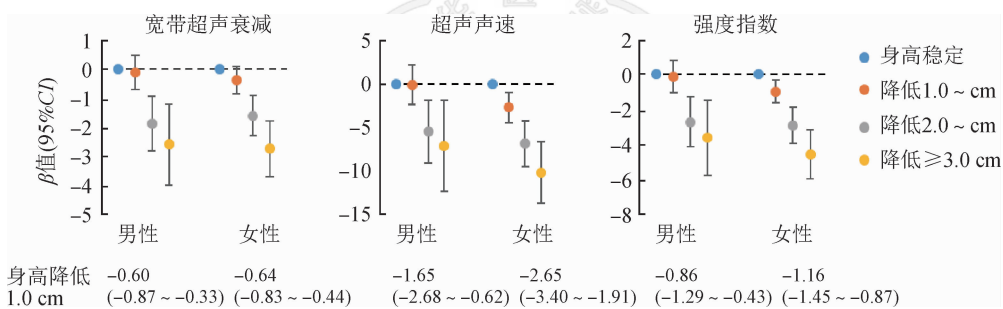


图1 不同性别人群身高降低与骨密度的关联

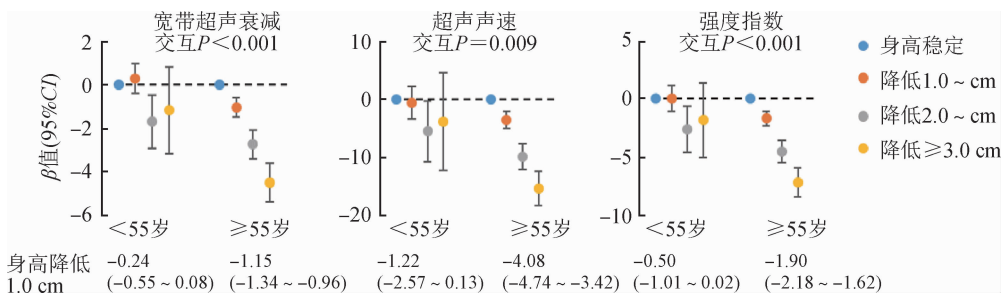


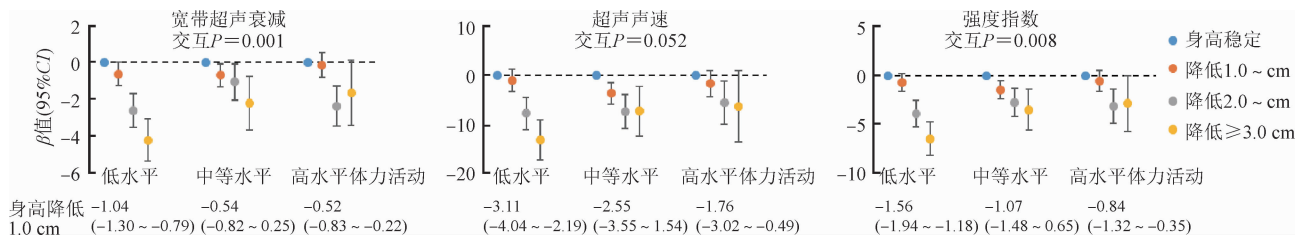
图2 不同年龄组人群身高降低与骨密度的关联

密度的关联存在效应修饰作用,身高降低与骨密度仅在年龄≥55岁者中存在线性关联, BUA、SOS和SI的年龄交互作用P值分别为<0.001、0.009和<0.001(图2)。体力活动水平对于身高降低与BUA、SI的关联也存在效应修饰作用,与高水平体力活动相比,中低水平体力活动组中的关联效应值更大,

BUA、SOS和SI与体力活动水平交互作用P值分别为0.001、0.052和0.008(图3)。

讨 论

本研究利用CKB研究对象2个时间点的调查数据,分析身高降低与跟骨骨密度指标间的关联。结



注:模型调整变量同表 2 模型 3,但不调整体力活动;图下方报告身高降低 1.0 cm 的β值及 95%CI;除高水平体力活动组的超声声速以外(线性趋势检验 P=0.006),其余线性趋势检验的均 P<0.001

图 3 不同体力活动水平人群身高降低与骨密度的关联

果显示,身高降低幅度越大者,骨密度指标更低。上述关联在女性、年长者和低体力活动水平者中更为显著,与既往大部分研究结果一致,仅 2 篇早期在西方女性中开展的小样本量研究得到了阴性结果^[20-21]。既往研究多基于横断面调查,计算当时身高与自报既往最大身高之差,分析身高降低与测量骨密度的关联,研究对象年龄在 42~67 岁之间,观察到身高降低幅度越大,骨密度水平越低或骨质疏松症患病率越高^[6-8,11]。另有研究采用基线年龄≥55 岁的研究对象,观察基线后 4 年、10 年和 16 年的身高变化与同期骨密度变化,观察到身高降低幅度越大,同期骨密度流失速度越快^[5,9-10]。

本研究发现不同性别、年龄和体力活动水平的人群中身高降低与骨密度的关联不完全一致,两者的关联仅见于≥55 岁者,而在女性和低体力活动水平者中关联效应更强。仅有 3 项在亚洲人群中的研究进行了相关分析,但结论不尽相同。日本和中国香港地区的研究发现,女性身高降低与同期的腰椎和髌部骨密度流失速度存在有统计学显著性的关联,而在男性中未观察到这种关联^[9-10]。韩国研究显示,男性身高降低与总股骨、股骨颈和腰椎骨密度存在负相关关系(均 P<0.05),而在女性中,身高降低仅与总股骨骨密度存在关联(P=0.008)^[11]。另有 2 项研究分年龄组进行了相关分析,挪威队列发现身高降低与前臂骨密度间的关联仅见于≥59 岁人群^[5],而伊朗研究仅在<50 岁的人群中观察到身高降低与腰椎骨密度存在显著关联^[6]。目前尚无研究进行过体力活动与身高降低的交互作用分析。

身高降低可由多种原因造成,如衰老过程的自然现象^[4],或与骨骼健康问题有关。在正常情况下,个体自 45 岁左右身高开始降低,身高降低的速度约为每年 0.09%,身高降低明显提示可能存在骨骼健康问题^[22],如骨质疏松、椎骨骨折^[23]、椎骨畸形^[24]、椎间盘退化等。本研究剔除了已知的椎骨骨折者,并调整了潜在的混杂因素,观察到的关联提示身高降低可

以作为低骨密度的一个代理指标,特别是在女性、低体力活动者和年龄≥55 岁者中,两者相关性更强。

相比既往已开展研究,本研究的样本量大,可以进一步探讨不同特征人群中身高降低与骨密度之间的关联。基线和重复调查时的身高均为测量得到,比调查对象自报身高更为准确。同时,本研究在分析中尽可能地控制了已知混杂因素。

本研究存在局限性。骨密度测量仅开展于重复调查,无法得知个体基线时的骨密度水平。骨密度的测量采用定量超声法(quantitative ultrasound, QUS),而非公认的可用于骨质疏松症诊断的双能 X 线吸收测定法(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)^[1]。QUS 测量指标具有良好的稳健性^[25],与 DXA 测量的骨密度高度相关^[26],且 QUS 具有无辐射、价廉、易携带、操作简便等优势,更适用于大型人群研究^[27]。本研究仅对测得的骨密度指标进行比较分析,不做骨质疏松症的判断。虽然分析中剔除了基线至重复调查期间经队列随访系统确定发生的椎骨骨折者,但仍可能漏掉一些无明显临床症状者。

本研究利用 CKB 项目超过 2 万名研究对象、相隔约 8 年的 2 次调查数据分析发现,身高降低幅度越大者,骨密度指标更低,此关联在女性、年长者和低体力活动水平者中更为显著。提示老年人群应在定期体检时关注身高变化,特别是女性和日常体力活动不足的人群,及早确定是否存在骨质疏松症等骨骼健康问题,并开展有针对性的干预措施。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

志谢 感谢所有参加 CKB 项目的队列成员和各项目地区的现场调查队调查员;感谢 CKB 项目管理委员会、国家项目办公室、牛津协作中心和 10 个项目地区办公室的工作人员

参 考 文 献

[1] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会.原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J].中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2017,20(5):413-443. DOI:10.3969/j.issn.1674-2591.2017.05.002.
Chinese Medical Association of Osteoporosis and Bone Mineral Disease. Guidelines for the diagnosis and treatment of primary osteoporosis (2017)[J]. Chin J Osteopor Bone Miner Res, 2017,

- 20(5):413-443. DOI: 10.3969/j.issn.1674-2591.2017.05.002.
- [2] Chen P, Li ZZ, Hu YH. Prevalence of osteoporosis in China: a Meta-analysis and systematic review [J]. *BMC Public Health*, 2016, 16(1): 1039. DOI: 10.1186/s12889-016-3712-7.
- [3] Wang O, Hu Y, Gong S, et al. A survey of outcomes and management of patients post fragility fractures in China [J]. *Osteoporos Int*, 2015, 26(11): 2631-2640. DOI: 10.1007/s00198-015-3162-6.
- [4] Sorkin JD, Muller DC, Andres R. Longitudinal change in height of men and women: implications for interpretation of the body mass index: the Baltimore Longitudinal Study of Aging [J]. *Am J Epidemiol*, 1999, 150(9): 969-977. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a010106.
- [5] Forsmo S, Hvam HM, Rea ML, et al. Height loss, forearm bone density and bone loss in menopausal women: a 15-year prospective study. The Nord-Trøndelag Health Study, Norway [J]. *Osteoporos Int*, 2007, 18(9): 1261-1269. DOI: 10.1007/s00198-007-0369-1.
- [6] Moayyeri A, Ahmadi-Abhari S, Hossein-Nezhad A, et al. Bone mineral density and estimated height loss based on patients' recalls [J]. *Osteoporos Int*, 2006, 17(6): 834-840. DOI: 10.1007/s00198-005-0046-1.
- [7] Kantor SM, Ossa KS, Hoshaw-Woodard SL, et al. Height loss and osteoporosis of the hip [J]. *J Clin Densitom*, 2004, 7(1): 65-70. DOI: 10.1385/JCD:7:1:65.
- [8] Hunt AH. The relationship between height change and bone mineral density [J]. *Orthop Nurs*, 1996, 15(3): 57-64. DOI: 10.1097/00006416-199605000-00011.
- [9] Yoshimura N, Kinoshita H, Takijiri T, et al. Association between height loss and bone loss, cumulative incidence of vertebral fractures and future quality of life: the Miyama study [J]. *Osteoporos Int*, 2008, 19(1): 21-28. DOI: 10.1007/s00198-007-0474-1.
- [10] Auyeung TW, Lee JSW, Leung J, et al. Effects of height loss on morbidity and mortality in 3 145 community-dwelling Chinese older women and men: a 5-year prospective study [J]. *Age Age*, 2010, 39(6): 699-704. DOI: 10.1093/ageing/afq101.
- [11] Ahn KS, Kang CH, Cho SB, et al. Height loss was associated with osteoporosis in Korean elderly men, not in women: the Korea national health and nutrition examination survey 2008-2010 [J]. *J Clin Densitom*, 2019, 22(1): 59-66. DOI: 10.1016/j.jocd.2017.07.001.
- [12] Chen ZM, Lee L, Chen JS, et al. Cohort profile: the kadoorie study of chronic disease in China (KSCDC) [J]. *Int J Epidemiol*, 2005, 34(6): 1243-1249. DOI: 10.1093/ije/dyi174.
- [13] Chen Z, Chen J, Collins R, et al. China Kadoorie Biobank of 0.5 million people: survey methods, baseline characteristics and long-term follow-up [J]. *Int J Epidemiol*, 2011, 40(6): 1652-1666. DOI: 10.1093/ije/dyr120.
- [14] 李立明, 吕筠, 郭彧, 等. 中国慢性病前瞻性研究: 研究方法和调查对象的基线特征 [J]. *中华流行病学杂志*, 2012, 33(3): 249-255. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.03.001.
- Li LM, Lv J, Guo Y, et al. The China Kadoorie Biobank: related methodology and baseline characteristics of the participants [J]. *Chin J Epidemiol*, 2012, 33(3): 249-255. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.03.001.
- [15] 乔雨嘉, 李夏, 吴曼, 等. 中国 10 个地区成年人跟骨骨密度的描述性分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2018, 39(4): 422-427. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.04.007.
- Qiao YJ, Li X, Wu M, et al. Levels of calcaneus bone mineral density in adults from 10 regions of China [J]. *Chin J Epidemiol*, 2018, 39(4): 422-427. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.04.007.
- [16] 王昕, 吕筠, 郭彧, 等. 中国慢性病前瞻性研究: 10 个项目地区成年人吸烟行为特征差异分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2015, 36(11): 1200-1204. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.11.004.
- Wang X, Lv J, Guo Y, et al. Regional differences in adults' smoking pattern: findings from China Kadoorie Biobank study in 10 areas in China [J]. *Chin J Epidemiol*, 2015, 36(11): 1200-1204. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.11.004.
- [17] 吕筠, 郭彧, 卞铮, 等. 中国慢性病前瞻性研究: 10 个项目地区人群饮酒行为特征差异的分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2014, 35(8): 875-881. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.08.001.
- Lv J, Guo Y, Bian Z, et al. Regional differences in patterns of alcohol consumption: findings from the China Kadoorie Biobank study on half a million people from 10 regions [J]. *Chin J Epidemiol*, 2014, 35(8): 875-881. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.08.001.
- [18] 樊萌语, 吕筠, 郭彧, 等. 中国慢性病前瞻性研究: 10 个项目地区成人人体力活动和休闲静坐时间特征差异的分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2015, 36(8): 779-785. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.08.002.
- Fan MY, Lv J, Guo Y, et al. Regional differences on patterns of physical activity and leisure sedentary time: findings from the China Kadoorie Biobank study, including a million people from 10 regions [J]. *Chin J Epidemiol*, 2015, 36(8): 779-785. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.08.002.
- [19] 苏健, 陶然, 周金意, 等. 成年人睡眠状况与糖尿病患病关系的研究 [J]. *中华流行病学杂志*, 2017, 38(5): 597-601. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.05.008.
- Su J, Tao R, Zhou JY, et al. Relationship between sleep status and the risk of diabetes in adults [J]. *Chin J Epidemiol*, 2017, 38(5): 597-601. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.05.008.
- [20] Nicholson PH, Haddaway MJ, Davie MW, et al. Vertebral deformity, bone mineral density, back pain and height loss in unselected women over 50 years [J]. *Osteoporos Int*, 1993, 3(6): 300-307. DOI: 10.1007/BF01637315.
- [21] Thornton MJ, Sedlak CA, Doheny MO. Height change and bone mineral density: revisited [J]. *Orthop Nurs*, 2004, 23(5): 315-320. DOI: 10.1097/00006416-200409000-00007.
- [22] Galloway A, Stini WA, Fox SC, et al. Stature loss 6 among an older United States population and its relation to bone mineral status [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1990, 83(4): 467-476. DOI: 10.1002/ajpa.1330830408.
- [23] Bennani L, Allali F, Rostom S, et al. Relationship between historical height loss and vertebral fractures in postmenopausal women [J]. *Clin Rheumatol*, 2009, 28(11): 1283-1289. DOI: 10.1007/s10067-009-1236-6.
- [24] Ismail AA, Cooper C, Felsenberg D, et al. Number and type of vertebral deformities: epidemiological characteristics and relation to back pain and height loss [J]. *Osteoporos Int*, 1999, 9(3): 206-213. DOI: 10.1007/s001980050138.
- [25] Economos CD, Sackeck JM, Wacker W, et al. Precision of Lunar Achilles + bone quality measurements: time dependency and multiple machine use in field studies [J]. *Br J Radiol*, 2007, 80(959): 919-925. DOI: 10.1259/bjr/33589854.
- [26] Trimou P, Bosaeus I, Bengtsson BÅ, et al. High correlation between quantitative ultrasound and DXA during 7 years of follow-up [J]. *Eur J Radiol*, 2010, 73(2): 360-364. DOI: 10.1016/j.ejrad.2008.11.024.
- [27] Stiles VH, Metcalf BS, Knapp KM, et al. A small amount of precisely measured high-intensity habitual physical activity predicts bone health in pre- and post-menopausal women in UK Biobank [J]. *Int J Epidemiol*, 2017, 46(6): 1847-1856. DOI: 10.1093/ije/dyx080.

(收稿日期: 2019-10-05)

(本文编辑: 李银鸽)