

• 临床研究 •

豫东农村汉族儿童青春期前骨密度现状及影响因素

陈荟宇¹, 梁芝栋¹, 马盼², 梁佳芝³, 孙艳艳¹

1. 郑州工商学院体育学院, 河南 郑州 451400; 2. 漯河职业技术学院基础教育部; 3. 河南省职工医院放射科

摘要: **目的** 探究豫东农村汉族儿童青春期前骨密度现状及其影响因素, 为农村儿童体质健康发展提供参考。**方法** 2023 年 7—9 月, 采用分层随机抽样法在豫东农村地区 12 所小学选取 318 名青春期前的汉族儿童为观察对象, 测量其全身骨密度(除头部)和日常身体活动情况, 采用问卷调查和电话访谈相结合的方法对观察对象进行信息收集。**结果** 儿童骨密度在年龄、体质量指数(BMI)、父母一方最高受教育程度、家庭体育支持情况、是否独生子女和是否留守儿童分组间差异有统计学意义($P < 0.05$); 相关分析结果显示观察对象骨密度与中高强度身体活动时间呈正相关且有统计学意义($r = 0.890, P = 0.033$); 多元线性回归分析结果显示年龄、BMI、父母一方的最高受教育程度、家庭体育支持情况、是否独生子女、是否留守儿童和中高强度身体活动时间均是影响观察对象骨密度的因素($P < 0.05$)。其影响程度从大到小依次是是否留守儿童($\beta = 1.05$)、中高强度身体活动时间($\beta = 0.91$)、是否独生子女($\beta = -0.74$)、父母一方的最高受教育程度($\beta = -0.52$)、BMI($\beta = -0.51$)、年龄($\beta = 0.39$)和家庭体育支持情况($\beta = -0.25$)。**结论** 培养农村居民的健康素养, 关爱留守儿童, 提升农村儿童体育活动的支持力度, 适当延长中高强度身体活动时间, 是提高青春期前农村儿童骨密度的重要途径。

关键词: 豫东农村; 汉族儿童; 青春期前; 骨密度**中图分类号:** R179 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-6579(2025)02-0221-06 **doi:** 10.11852/zgetbjzz2024-0503

Status and influencing factors of prepubertal bone mineral density of Han children in rural areas of eastern Henan Province

CHEN Huiyu¹, LIANG Zhidong¹, MA Pan², LIANG Jiazhi³, SUN Yanyan¹

1. Department of Physical Education, Zhengzhou Business University, Zhengzhou, Henan 451200, China; 2. Department of Basic Education, Luohe Vocational Technology College; 3. Department of Radiology, Henan Staff Hospital

Corresponding author: LIANG Zhidong, E-mail: liangzhi_dong@163.com

Abstract: **Objective** To investigate the current status of bone density in prepubescent Han children in rural areas of East Henan and to explore the influencing factors, in order to provide reference for the development of physical health of rural children. **Methods** From July to September 2023, 318 prepubescent Han children from 12 primary schools in rural East Henan were randomly selected as subjects by stratified sampling. Their whole-body bone mineral density (BMD) (excluding the head) and daily physical activity levels were measured. Information was collected by means of questionnaire survey and telephone interview. **Results** Significant differences in bone density were observed among subjects based on age, body mass index (BMI), the highest educational attainment of one parent, family support for sports, whether they were an only child, and whether they were left-behind children ($P < 0.05$). Correlation analysis revealed a significant positive correlation between BMD and moderate-to-vigorous physical activity time ($r = 0.890, P = 0.033$). Multivariate linear regression analysis indicated that age, BMI, the highest educational attainment of one parent, family support for sports, being an only child, being a left-behind child, and moderate-to-vigorous physical activity time were all factors affecting bone density ($P < 0.05$). The explanatory power from greatest to least was being a left-behind child ($\beta = 1.05$), moderate-to-vigorous physical activity time ($\beta = 0.91$), being an only child ($\beta = -0.74$), the highest education level of one parent ($\beta = -0.52$), BMI ($\beta = -0.51$), age ($\beta = 0.39$) and family support for sports ($\beta = -0.25$). **Conclusion** Cultivating health literacy among rural residents, caring for left-behind children, enhancing support for physical activities among rural children, and appropriately extending the duration of moderate-to-vigorous physical activity are important approaches to improving BMD of prepubescent children in rural areas.

Keywords: rural area of eastern Henan province; Han children; prepuberty; bone mineral density**基金项目:** 河南省教育厅人文社会科学研究一般项目(2024-ZDJH-530)**作者简介:** 陈荟宇(1985—), 女, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向为学校体育卫生。**通信作者:** 梁芝栋, E-mail: liangzhi_dong@163.com

随着全球人口老龄化的加剧,老年性骨质疏松症已成为一个重要的社会公共卫生问题,这不仅降低了老年人的生活质量,也对医疗保健系统构成了压力。研究表明,个体在生长发育时期所达到的峰值骨量对预防老年性骨质疏松症至关重要。峰值骨量的获得是一个多因素共同作用的结果,包括生物学、环境和社会经济因素^[1]。青春期,年龄区间通常为 12~20 岁,这一时期对个体骨密度的形成具有决定性影响^[2]。然而,对于青春期前的儿童,尤其是 9~11 岁这一关键时期,骨密度的研究相对较少。尽管已有研究广泛探讨了生物学因素对儿童骨密度的影响,例如激素水平、身高、体重、体质量指数(body mass index, BMI)、体脂含量和肌肉力量等^[3-6],但对非生物学因素的考量却相对不足。这些非生物学因素,如家庭环境、教育资源、心理健康和社会支持网络,同样对儿童骨密度的发展具有重要影响。在儿童青春期前,生物学因素的影响相对较小^[7],这为研究非生物学因素对骨密度的影响提供了独特的研究窗口。此外,考虑到中国农村地区儿童成长环境的特殊性,包括历史、经济、政治和文化观念等多重因素,本研究具有显著的地域针对性和年龄特殊性。鉴于此,本研究旨在填补现有研究的空白,将非生物学因素纳入考量范围。通过分析豫东农村汉族儿童青春期前骨密度的影响因素,期望为理解儿童骨密度的多维影响因素提供新的视角,并为提高我国农村儿童体质健康水平提供科学依据和实践指导。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究样本量的估算基于 Kasiulevičius^[8]所报道的横断面研究样本量的计算公式, $N = Z^2 \sigma^2 / e^2$, 其中 Z 表示标准正态分布的 Z 分数, $\alpha = 0.05$ 时, $Z = 1.96$, σ 为总体标准差, e 为容许误差。为了估计总体标准差 σ , 本研究进行了预调查, 首先招募了 28 名研究对象作为小样本, 随后对该小样本数据进行分析, 计算得出总体标准差的估计值为 $\sigma = 0.64$ 。在前述 28 名研究对象的小样本中, 进行了 5 次简单随机抽样, 每次抽取 8 名对象构成一个样本。随后计算任意两个随机样本均数之差, 并取这些差值的平均值作为容许误差的估计, 得到 $e = 0.08$ 。根据上述参数以及公式, 本研究最终计算出所需样本量为 246。考虑观察过程中产生的观察对象脱落情况, 在上述样本量的基础上扩大 20%, 因此在理论上本研究应至少选取 296 人作为观察对象。2023 年 7—9 月, 本研究采用分层与随机抽样

相结合的方法, 从豫东地区的开封市、商丘市和周口市市村办小学中, 通过抽签法各随机选取 4 所学校, 总计 12 所, 以确保样本的代表性和随机性。在选取的小学中共招募观察对象 349 名, 根据纳入和排除标准, 最后进入数据分析阶段的观察对象共 318 人, 符合横断面研究中样本量的要求。纳入标准: 1) 儿童及监护人知情同意且签署知情同意书者; 2) 当地农村户籍, 一直生活及就读于本地小学, 全部为走读生; 3) 年龄 9~11 岁; 4) 身体健康状况良好。排除标准: 1) 外地户籍或有转学史者; 2) 性早熟, 女生出现初潮, 男生胡须明显和喉结突出者; 3) 长期患病或有骨折史和骨代谢疾病者; 4) 身体活动监控中, 三轴加速度传感器有效佩戴时间不足者。本研究通过郑州工商学院学术伦理委员会审查(批准号: ZTBU2023-5)。

1.2 方法 在观察对象所在地采用郑州上禾电子科技有限公司生产的 SH-700G 超声波身高体重测量仪对其 BMI 进行测量。在河南省职工医院放射科, 由专业人员按照仪器测量标准对观察对象全身(头部除外)骨密度进行测量, 骨密度单位为 g/cm^2 。采用双能 X 线吸收法(Lunar Prodigy, GE, 美国)测定骨密度。采用问卷调查法和电话访谈相结合的方法对观察对象的社会因素进行调查, 调查内容如下: 1) 家庭人均年收入; 2) 父母一方最高受教育程度; 3) 家庭体育支持情况; 4) 是否存在挑食行为; 5) 是否独生子女; 6) 是否留守儿童。参照国家统计局 2020 年 2 月 5 日发布的 2019 年河南省农村居民人均纯收入为 15 163.75 元/年, 对儿童的家庭经济收入情况进行分组。家庭体育支持情况参照董彦会等^[9]研究方法进行分组。与此同理, 研究对象是否存在挑食行为以监护人所填写的问卷为依据: “你的孩子是否存在挑食行为?”, 4 个选项中经常存在、偶尔存在、很少存在、不存在, 以前两项定义为存在挑食行为, 后两项定义为不存在挑食行为。根据《中国人口与计划生育条例(2004 修订)》中的标准对独生子女进行确定^[10]。留守儿童定义为不能随外出务工、经商或从事其他活动的父母一起生活而留在家乡、由代理监护人教养或自我照顾的 18 岁以下的未成年人^[11]。采用美国生产 Actigraph GT3X 三轴加速度传感器对观察对象的日常身体活动情况进行测量, 通过该仪器自带软件 Actilifev5.1 进行数据的采集和分析, 结果用加速度计数(counts)来分析身体活动的时间和强度。具体测量方案如下: 将加速度传感器缝制固定在宽 3.8cm 的黑色松紧带上, 系于腰部; 对该仪器进行初始化设置, 采用 60s 时间间隔采样模式;

针对该仪器的用途或工作原理不加说明,以免对观察对象产生心理诱导;要求观察对象连续佩戴 7d,除睡觉和洗澡外,均不得摘除;为了收集更多的有效数据,要求家长每天早晨在上学前确认是否佩戴,研究人员在早晨逐一核查,上下午课间要不定时抽查;要求有效数据为至少有 3d 且每天有 8h 以上有效佩戴时间,如果 1h 内连续 40min 的 counts 值为 0 则认为该时段为无效佩戴时间。统计以下 3 个指标:平均活动强度(activity intensity, AI):在有效佩戴时间内加速度传感器总 counts 值除以有效佩戴时间(min),单位为 counts/min。不同强度身体活动时间:以中国儿童、青少年加速度计数临界值 2 800counts/min 为标准^[12],大于等于该值的时长为中高强度身体活动时间,小于该值的时长为低强度身体活动时间,单位为 min/d。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。采用描述性统计来报告骨密度的基本情况,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用 F 检验和 t 检验对

骨密度可能影响因素进行单因素分析,事后多重比较采用 LSD 法。骨密度和身体活动的关系采用 Pearson 相关分析。采用多元线性回归法对骨密度影响因素进行多因素分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义(双侧)。

2 结 果

2.1 不同人口学特征儿童青春期前骨密度比较 儿童青春期前骨密度在年龄、BMI、父母一方最高受教育程度、家庭体育支持情况、是否独生子女和是否留守儿童分组间差异有统计学意义($P < 0.05$),11 岁组高于 9 岁组和 10 岁组,10 岁组高于 9 岁组,BMI 正常组高于低体重组、超重组及肥胖组,超重组高于低体重组,初中以上组高于初中组和初中以下组,初中组高于初中以下组,家庭对体育锻炼支持组高于非支持组、独生子女组高于非独生子女组,非留守儿童组高于留守儿童组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 儿童青春期前骨密度在不同组间的均值比较(g/cm², $\bar{x} \pm s$)
Tab. 1 Comparison of children prepubertal bone mineral density in different groups(g/cm², $\bar{x} \pm s$)

因素	组别	人数	骨密度	F/t 值	P 值
性别	男	163	0.911±0.072	1.505 ^g	0.071
	女	155	0.894±0.063		
年龄(岁)	9	109	0.852±0.082	4.257 ^h	0.019
	10	110	0.894±0.091 ^a		
	11	99	0.944±0.071 ^{a,b}		
BMI(kg/m ²)	正常	218	0.883±0.054	3.412 ^h	0.041
	低体重	21	0.824±0.072 ^c		
	超重	45	0.852±0.062 ^{c,d}		
	肥胖	34	0.832±0.074 ^c		
家庭人均年收入(元)	≥15 163.75	123	0.904±0.072	1.751 ^g	0.062
	<15 163.75	195	0.871±0.061		
父母一方最高受教育程度	初中以下	146	0.852±0.043	3.675 ^h	0.033
	初中	124	0.893±0.081 ^e		
	初中以上	48	0.944±0.071 ^{e,f}		
家庭体育支持情况	是	192	0.912±0.073	3.408 ^g	0.043
	否	126	0.871±0.062		
是否存在挑食行为	是	186	0.882±0.043	1.419 ^g	0.078
	否	132	0.901±0.084		
是否独生子女	是	74	0.913±0.091	3.985 ^g	0.025
	否	244	0.864±0.092		
是否留守儿童	是	251	0.852±0.051	4.081 ^g	0.016
	否	67	0.924±0.090		

注:多重比较结果,^a表示与 9 岁组比较差异有统计学意义,^b表示与 10 岁组比较差异有统计学意义;^c表示与正常组比较差异有统计学意义,^d表示与低体重组比较差异有统计学意义;^e表示与初中以下组比较差异有统计学意义,^f表示与初中组比较差异有统计学意义。^g t 值,^h F 值。

2.2 儿童青春期前骨密度和身体活动的相关分析 儿童青春期前平均身体活动强度为(263.69±47.48) counts/min,中高强度身体活动时间为(12.47±6.51) min/d,低强度身体活动时间为

(56.71±13.02) min/d。儿童青春期前骨密度与中高强度身体活动时间呈正相关($r = 0.890, P = 0.033$),与平均身体活动强度、低强度身体活动时间无相关性($r = 0.426, -0.447, P > 0.05$)。

2.3 儿童青春期前骨密度影响因素的多元线性回归分析 以年龄(9 岁=1, 10 岁=2, 11 岁=3)、BMI(正常=1, 低体重=2, 超重=3, 肥胖=4)、父母一方的最高受教育程度(初中=1, 初中以下=2, 初中以上=3)、家庭体育支持情况(是=1, 否=2)、是否独生子女(是=1, 否=2)、是否留守儿童(是=1, 否=2)、中高强度身体活动时间为自变量, 以骨密度为因变量, 对分类变量进行虚拟变量处理, 进行多元线性回归分析。结果显示, 以上自变量均是影响骨

密度的重要因素($P<0.05$), 回归模型的拟合优度 $R^2=0.642$, 调整后 $R^2=0.595$, 回归方程的 F 检验结果有统计学意义($F=26.39, P=0.001$)。根据标准回归系数绝对值的大小, 各自变量对因变量的影响程度从大到小依次是是否留守儿童($\beta=1.05$)、中高强度身体活动时间($\beta=0.91$)、是否独生子女($\beta=-0.74$)、父母一方的最高受教育程度($\beta=-0.52$)、BMI($\beta=-0.51$)、年龄($\beta=0.39$)和家庭体育支持情况($\beta=-0.25$)。见表 2。

表 2 儿童青春期前骨密度影响因素的多元回归分析

Tab. 2 Multiple linear regression analysis of children prepubertal bone mineral density($n=318$)

因素	分组	B 值	S_x	β 值	t 值	P 值
年龄(岁)	10	4.56	1.08	0.31	1.40	0.039
	11	5.72	1.24	0.39	1.85	0.020
BMI	低体重	-2.57	0.74	-0.48	-1.62	0.030
	超重	-1.25	0.45	-0.33	-1.29	0.042
	肥胖	-2.73	0.61	-0.51	-1.54	0.034
父母一方的最高受教育程度	初中以下	-2.70	0.66	-0.52	-1.82	0.022
	初中以上	2.62	0.94	0.44	1.75	0.027
家庭体育支持情况	否	-1.80	0.57	-0.25	1.01	0.048
是否独生子女	否	-1.24	0.18	-0.74	-1.95	0.018
是否留守儿童	否	3.63	0.89	1.05	2.91	0.009
中高强度身体活动时间		2.82	0.49	0.91	2.27	0.014

3 讨 论

3.1 年龄、BMI 对儿童青春期前骨密度的影响

本研究表明豫东农村汉族儿童青春期前的骨密度会随着年龄的增长而增加, 因为其他研究表明年龄对人体骨密度的影响是终生存在的, 而且主要是通过激素水平、消化机能和运动能力等因素间接实现的^[13-14]。对于 9~11 岁的儿童来说, 以上因素都会随着年龄的增长而增强, 因而能够促进其骨密度的增加。本研究还表明 BMI 对骨密度的影响也有统计学意义, 这在以往的研究也有所报道。例如周莉等^[15]对 253 例青少年骨密度进行分析后发现骨密度与 BMI 相关, 研究还发现人体的骨密度与体脂含量呈负相关, 而与去脂体重呈正相关^[16], 对于 9~11 岁正常发育的儿童来说, 正常的 BMI 相对于异常的 BMI 往往预示着较为合适的体脂含量和去脂体重, 因此正常的 BMI 往往伴随着较高的骨密度。

3.2 父母一方受教育程度和家庭体育支持对儿童青春期前骨密度的影响 本研究表明父母一方的最高受教育程度会对儿童骨密度产生积极的影响, 虽然目前尚无相关的实证研究来印证, 但是这在理论上也是可以理解的。因为研究表明家庭经济收入对儿童健康的影响并不显著, 而父母的受教育程度对子女的健康有显著的作用, 并且随着儿童年龄的增

加, 父母的受教育程度越高越有助于提高儿童的健康水平^[17]。该影响机制可能是受教育程度较高的父母一般健康素养水平较高, 进而影响并提升了儿童的健康素养, 曹志娟等^[18]研究证实了这一点。苟莉莉等^[19]研究也能够证实这一结果, 其研究表明父母的受教育程度能够影响中学生的健康生活方式和行为。本研究还表明家庭对儿童体育锻炼的支持也能够提高其骨密度, 这和体育运动的健身功能是分不开的, 诸如此类的研究已经很多, 目前体育运动对骨密度的积极影响已经成为共识。

3.3 是否独生子女和留守儿童对儿童青春期前骨密度的影响 本研究表明独生子女的骨密度高于非独生子女, 非留守儿童的骨密度高于留守儿童, 这和以往的研究结果一致。因为在影响儿童骨密度的因素中, 营养摄入和运动干预是必须要考虑的重要内容, 目前虽然尚无研究表明农村独生子女的营养状况、体育活动水平高于非独生子女, 但从家庭支持角度来看, 独生子女应该拥有更多营养和体育活动资源, 本研究从骨密度的角度就证实了这一点。同时有研究表明非留守儿童的营养状况和体育活动水平都要高于留守儿童^[20-21], 这在一定程度上会造成非留守儿童的骨密度高于留守儿童。

3.4 身体活动对儿童青春期前骨密度的影响 本研究显示中高强度身体活动时间越长的儿童其骨密

度水平越高,这和以往的报道一致,如 Maddalozzo 等^[22]研究发现高强度的抗阻训练比低强度的抗阻训练更能提高老年人的腰椎、股骨颈、大转子和髌骨骨密度,还有 Linero 等^[23]研究发现,相对于低强度的抗阻训练,中高强度的抗阻训练更能够提高绝经妇女的腰椎和股骨颈骨密度,也有系统综述表明中高强度身体活动能显著改善绝经妇女腰椎区域的骨密度^[24]。运动强度对骨密度的影响可能存在一个上限阈值,在运动强度低于上限阈值的范围内,强度越高,运动对骨密度的正面干预效果可能越好^[25],其机制可能与中高强度运动对骨骼提供的力学环境有关^[26]。因此中高强度身体活动时间是影响豫东农村儿童青春期前骨密度的重要因素。

综上所述,影响豫东农村地区汉族儿童青春期前骨密度的生物学因素是年龄和 BMI,社会学因素是受父母一方的最高受教育程度、家庭体育支持情况、是否独生子女、是否留守儿童以及中高强度身体活动时间,因此培养农村居民的健康素养,关爱留守儿童,提升农村儿童体育活动的支持力度,适当延长中高强度身体活动时间,是提高青春期前农村儿童骨密度的重要途径。

参考文献

- [1] 程轲,兰莉. 青春期骨密度变化研究进展[J]. 中国儿童保健杂志,2024,32(1):49-53.
Cheng K, Lan L. Research advance in the changes of bone mineral density during puberty[J]. Chin J Child Health Care, 2024, 32(1): 49-53. (in Chinese)
- [2] 季成叶. 现代儿童少年卫生学[M]. 北京:人民卫生出版社,2010.
- [3] 付晨,陈玲. 握力、骨密度及血清 25 羟基维生素 D 与老年 2 型糖尿病患者跌倒风险的相关性[J]. 锦州医科大学学报, 2023, 44(5): 63-69.
Fu C, Chen L. The correlation between grip strength, bone mineral density, and serum 25-hydroxyvitamin D with the risk of falls in elderly patients with type 2 diabetes mellitus [J]. J Jinzhou Med Univ, 2023, 44(5): 63-69. (in Chinese)
- [4] 程淑敏,于大芳,郭文娟. 3~10 岁儿童年龄、身高及体重指数对全身及各部位骨密度的影响[J]. 现代预防医学,2007, 34(24): 4690-4691.
Cheng SM, Yu DF, Guo WJ. The impact of age, height, and body mass index on the bone mineral density of children aged 3-10 years [J]. Mod Prev Med, 2007, 34(24): 4690-4691. (in Chinese)
- [5] 周芸. 甲状腺激素与围绝经期综合征女性糖脂代谢内分泌水平及骨密度变化的关系[J]. 中国妇幼保健,2023,38(23): 4714-4717.
Zhou Y. The relationship between thyroid hormones and the changes in endocrine levels of glycolipid metabolism and bone mineral density in women with perimenopausal syndrome [J]. Mat Child Health Care China, 2023, 38(23): 4714-4717. (in Chinese)
- [6] 屈雯慧. 18 周体育舞蹈训练对隐性肥胖女大学生体成分及骨密度的影响[J]. 中国应用生理学杂志,2020,36(1): 82-84.
Qu WH. The impact of 18 weeks of dance training on body composition and bone mineral density in female college students with hidden obesity [J]. Chin J Appl Physiol, 2020, 36(1): 82-84. (in Chinese)
- [7] 姚亚娟,朱琳. 粤北农村贫困山区 7~16 岁学生骨强度发育状况[J]. 中国学校卫生,2017,38(8):1165-1167.
Yao YJ, Zhu L. The development of bone strength in students aged 7-16 in impoverished mountainous areas of Northern Guangdong [J]. Chin J Sch Health, 2017, 38(8): 1165-1167. (in Chinese)
- [8] Kasiulevicius V, Šapoka V, Filipavičiūtė R. Sample size calculation in epidemiological studies[J]. Gerontologija, 2006, 7(4): 225-231.
- [9] 董彦会,杨招庚,王西婕,等. 体育锻炼家庭支持性环境对中小学生身体素质的影响[J]. 中国学校卫生,2018,39(9): 1297-1300.
Dong YH, Yang ZG, Wang XJ, et al. The impact of family support for physical exercise on the physical fitness of primary and secondary school students [J]. Chin J Sch Health, 2018, 39(9): 1297-1300. (in Chinese)
- [10] 中国法制出版社编委会. 中华人民共和国人口与计划生育法[M]. 北京:中国法制出版社,2016:18.
- [11] 刘群,查贵芳. 留守儿童与流动儿童社会性发展研究的现状、问题与前瞻[J]. 天津市教科院学报,2020,32(6): 80-85.
Liu Q, Zha GF. Current status, problems, and prospects of research on the social development of left-behind and migrant children[J]. J Tianjin Acad Educ Sci, 2020, 32(6): 80-85. (in Chinese)
- [12] Zhu Z, Chen P, Zhuang J. Intensity classification accuracy of accelerometer measured physical activities in Chinese children and youth[J]. Res Q Exerc Sport, 2013, 84(2): 4.
- [13] 陈鑫林. 运动对原发性骨质疏松症的干预与机制[J]. 中国组织工程研究,2018,22(8):1294-1299.
Chen XL. Intervention and mechanism of exercise on primary osteoporosis[J]. Chin J Tissue Eng, 2018, 22(8): 1294-1299. (in Chinese)
- [14] 邓晓琴,郑松波. 运动与骨密度领域的研究热点和动态[J]. 成都体育学院学报,2018,44(2):109-115.
Deng XQ, Zheng SB. Research hotspots and trends in the field of exercise and bone mineral density [J]. J Chengdu Sport Univ, 2018, 44(2): 109-115. (in Chinese)
- [15] 周莉,秦建平,邹丽华,等. 253 例青少年腰椎骨密度分析[J]. 中国骨质疏松杂志,2014,20(4):662-665.
Zhou L, Qin JP, Zou LH, et al. Analysis of lumbar spine bone mineral density in 253 adolescents [J]. Chin J of Osteo, 2014, 20(4): 662-665. (in Chinese)
- [16] 莫月红. 不同运动项目对女大学生骨密度和体成分的影响及相互关系的研究[J]. 浙江体育科学,2014,36(3):

- 105-110.
- Mo YH. The study on the impact of different sports on bone mineral density and body composition of female college students and their interrelationships[J]. Zhejiang Sports Sci, 2014, 36(3): 105-110. (in Chinese)
- [17] 陈安平. 家庭收入与父母受教育水平: 哪个对孩子的健康更重要? [J]. 数理统计与管理, 2011, 30(6): 960-966.
- Chen AP. Family income and parents' education level: Which is more important for children's health? [J]. Math Stat Manage, 2011, 30(6): 960-966. (in Chinese)
- [18] 曹志娟, 王书梅, 曲爽笑. 上海市小学生家长健康素养现状 [J]. 中国学校卫生, 2018, 39(4): 498-500, 505.
- Cao ZJ, Wang SM, Qu SX. Current status of health literacy among parents of primary school students in Shanghai [J]. Chin J Sch Health, 2018, 39(4): 498-500, 505. (in Chinese)
- [19] 苟莉莉, 胡鸿宝, 黄芩, 等. 南京市中学生健康生活方式的现状调查[J]. 职业与健康, 2017, 33(13): 1836-1839.
- Gou LL, Hu HB, Huang Q, et al. Survey on the current status of healthy lifestyles among middle school students in Nanjing City[J]. Occupational and Health, 2017, 33(13): 1836-1839. (in Chinese)
- [20] 李盼, 张天成, 张福兰. 永州市农村留守与非留守儿童营养状况及影响因素分析[J]. 现代预防医学, 2019, 46(15): 2735-2739, 2752.
- Li P, Zhang TC, Zhang FL. Analysis of nutritional status and influencing factors of left-behind and non-left-behind children in rural Yongzhou[J]. Mod Prev Med, 2019, 46(15): 2735-2739, 2752. (in Chinese)
- [21] 郭燕. 农村小学留守儿童体育活动边缘化调查与成因分析-以河南省为例[J]. 体育世界, 2019, 38(3): 183-184, 159.
- Guo Y. Investigation and analysis of the marginalization of sports activities among left-behind children in rural primary schools-Taking Henan Province as an example [J]. Sports World, 2019, 38(3): 183-184, 159. (in Chinese)
- [22] Maddalozzo GF, Snow CM. High intensity resistance training, effects on bone in older men and women[J]. Calcified Tissue Int, 2000, 66(6): 399-404.
- [23] Linero C, Choi SJ. Effect of blood flow restriction during low-intensity resistance training on bone markers and physical functions in postmenopausal women[J]. J Exerc Sci Fit, 2021, 19(1): 57-65.
- [24] 郭子肇, 王骏昇, 陈蕊雨. 基于 Meta 分析不同强度体力活动对绝经妇女骨密度的影响[J]. 湖北体育科技, 2023, 42(1): 64-71.
- Guo ZZ, Wang JS, Chen RY. The impact of different intensities of physical activity on bone mineral density in postmenopausal women based on Meta analysis[J]. Hubei Sports Sci Technol, 2023, 42(1): 64-71. (in Chinese)
- [25] Chen X, Li L, Guo J, et al. Treadmill running exercise prevents senile osteoporosis and up regulates the Wnt signaling pathway in SAMP6 mice[J]. Oncotarget, 2016, 7(44): 71072-71086.
- [26] Turner CH. Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli[J]. Bone, 1998, 23(5): 399-407.
- 收稿日期: 2024-05-07 修回日期: 2024-08-09 本文编辑: 王悦

(上接第 159 页)

- [27] Hirsch KR, Smith-Ryan AE, Blue MNM, et al. Influence of segmental body composition and adiposity hormones on resting metabolic rate and substrate utilization in overweight and obese adults[J]. J Endocrinol Invest, 2017, 40(6): 635-643.
- [28] Solomon TP, Sistrun SN, Krishnan RK, et al. Exercise and diet enhance fat oxidation and reduce insulin resistance in older obese adults[J]. J Appl Physiol(1985), 2008, 104(5): 1313-1319.
- [29] Camps SG, Verhoef SP, Westerterp KR. Weight loss, weight maintenance, and adaptive thermogenesis[J]. Am J Clin Nutr, 2013, 97(5): 990-994.
- [30] Ames GE, Koball AM, Clark MM. Behavioral interventions to attenuate driven overeating and weight regain after bariatric surgery[J]. Front Endocrinol(Lausanne), 2022, 13: 934680.
- [31] Chu L, Steinberg A, Mehta M, et al. Resting energy expenditure and metabolic adaptation in adolescents at 12 months after bariatric surgery [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2019, 104(7): 2648-2656.
- [32] Granata C, Jamnick NA, Bishop DJ. Training-induced changes in mitochondrial content and respiratory function in human skeletal muscle[J]. Sports Med, 2018, 48(8): 1809-1828.
- [33] 晁敏, 梁丰, 王尊, 等. 单次高强度抗阻训练与间歇有氧运动对中年人基础代谢率的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(10): 1021-1024.
- Chao M, Liang F, Wang Z. Effects of a single bout high-intensity resistance training and high-intensity interval aerobic exercise on basal metabolic rate of middle-aged people [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2015, 30(10): 1021-1024. (in Chinese)
- [34] Lee MG, Sedlock DA, Flynn MG, et al. Resting metabolic rate after endurance exercise training[J]. Med Sci Sports Exerc, 2009, 41(7): 1444-1451.
- [35] Arad AD, Dimenna FJ, Thomas N, et al. High-intensity interval training without weight loss improves exercise but not basal or insulin-induced metabolism in overweight/obese African American women[J]. J Appl Physiol(1985), 2015, 119(4): 352-362.
- 收稿日期: 2024-08-05 修回日期: 2024-10-23 本文编辑: 王悦