临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003649

双上肢握力与全身总骨密度：一项横断面研究

关贵超，付战利，强　毅
（西北大学附属医院西安市第三医院骨二科，西安　710021）

【摘　要】目的：使用公共数据分析双上肢握力与全身总骨密度的相关性。**方法：**在美国国家健康和营养检查调查（national health and nutrition examination surveys，NHANES）数据库2011~2012，2013~2014年2个周期中，提取含有握力、骨密度及多个潜在混杂因素的5 148例参与者，加权后计算基线水平。使用R语言survey包进行多元线性回归分析握力与骨密度的关系，随后对性别、年龄及体质指数（body mass index，BMI）进一步做分层分析。使用rcssci包进行曲线拟合分析二者的曲线关系。**结果：**共5 148例参与者（男性2 493例，女性2 655例）被纳入研究。总体握力为（77.48 ± 0.40）kg，男性（93.98 ± 0.45）kg，女性（59.71 ± 0.24）kg；左上肢握力总体（37.75 ± 0.21）kg，女性（28.89 ± 0.12）kg，男性（45.98 ± 0.24）kg；总体右上肢握力（39.73 ± 0.20）kg，女性（30.83 ± 0.13）kg，男性（48.00 ± 0.23）kg；总体左侧握力BMI 46.87 ± 0.33，男性53.65 ± 0.46，女性39.56 ± 0.26；总体右侧握力BMI 49.37 ± 0.33，男性56.01 ± 0.47，女性42.21 ± 0.26；总体平均握力指数48.12 ± 0.33，男性54.83 ± 0.46，女性40.89 ± 0.26，总体骨密度水平为（1.11 ± 0.00）g/cm²，男性（1.15 ± 0.00）g/cm²，女性（1.08 ± 0.00）g/cm²。排除了混杂因素后，握力与总骨密度显示出明显正相关（P<0.000 1）。此外，年龄与骨密度呈现负相关，而非西班牙裔黑人种族（墨西哥裔为参照），大学毕业及以上（高中未毕业为参照）、身高、BMI则与骨密度呈正相关。分层分析结果显示年龄、性别及BMI都与骨密度存在交互作用。曲线拟合结果显示，握力与骨密度仅存在线性关系（P<0.001），但握力指数（左侧为主）与骨密度存在着L型的曲线关系。随着握力及握力指数的增强，骨密度分别以线性及L型曲线（随握力指数增长，骨密度增长变缓）的方式相应增加，其变化范围达到0.1 g/cm²。**结论：**双上肢握力水平及握力指数（左侧为主）与骨密度呈正相关，骨密度与握力呈线性关系，与握力指数呈L型曲线关联。本研究结果进一步支持了握力水平与骨密度之间的相关性，并为了解握力对骨密度的影响提供了重要的实证数据，对于进一步研究骨密度的调节机制以及预防和治疗骨质疏松症具有重要意义。

【关键词】骨密度；美国国家健康和营养检查调查；握力；横断性研究
【中图分类号】R681.1　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2024-04-08

Upper limb grip strength and total body bone mineral density: a cross-sectional study

Guan Guichao, Fu Zhanli, Qiang Yi
(*Second Department of Orthopedics, Xi'an No. 3 Hospital, The Affiliated Hospital of Northwest University*)

【Abstract】*Objective*: To investigate the correlation between upper limb grip strength and total body bone mineral density (BMD) using public data. ***Methods*:** During the 2011-2012 and 2013-2014 cycles of National Health and Nutrition Examination Surveys, a total of 5148 participants with grip strength, BMD, and multiple potential confounding factors were identified, and baseline levels were calculated after weighting. R language survey package was used for the multiple linear regression analysis to investigate the correlation between grip strength and BMD, and then stratified analysis was performed based on sex and age. The rcssci package was used for curve fitting to analyze the curve relationship between the two indicators. ***Results*:** A total of 5 148 participants (2 493 male participants and 2 655 female participants) were included in this study. The overall grip strength was (77.48 ± 0.40) kg, with a value of (93.98 ± 0.45) kg for male participants and (59.71 ± 0.24) kg for female participants; overall left upper limb grip strength was (37.75 ± 0.21) kg, with a value of (28.89 ± 0.12) kg for female participants and (45.98 ± 0.24) kg for male participants; overall right upper limb grip strength was (39.73 ± 0.20) kg, with a value of (30.83 ± 0.13) kg for female participants and (48.00 ± 0.23) kg in male participants. Overall left grip strength values of body mass index was 46.87 ± 0.33, with a value of 53.65 ± 0.46 for male participants and 39.56 ± 0.26 for female participants (P<0.000 1); overall right grip

作者介绍：关贵超，Email：17795610860@163.com，研究方向：骨科创伤及骨肿瘤。
通信作者：强　毅，Email：799290729@qq.com。
基金项目：陕西省重点研发计划一般项目-社会发展领域资助项目（编号：2022SF-524）。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20241210.1342.012（2024-12-11）

strength values of body mass index was 49.37 ± 0.33, with a value of 56.01 ± 0.47 for male participants and 42.21 ± 0.26 for female participants; overall mean grip strength index was 48.12 ± 0.33, with a value of 54.83 ± 0.46 for male participants and 40.89 ± 0.26 for female participants; overall BMD was (1.11 ± 0.00) g/cm², with a value of (1.15 ± 0.00) g/cm² in male participants and (1.08 ± 0.00) g/cm² in female participants. After exclusion of confounding factors, grip strength showed a significant positive correlation with total BMD (P< 0.000 1), and in addition, age was negatively correlated with BMD. Black race (with Mexican descent as reference), college graduation or above (with the participants not graduated from high school as reference), body height, and body mass index (BMI) were positively correlated with BMD. Stratified analysis showed that age, sex, and BMI had interaction with BMD. The curve fitting results showed that there was only a linear relationship between grip strength and BMD (P<0.001), but there was an L-shaped curve relationship between grip strength index (mainly of the left side) and BMD. With the increases in grip strength and grip strength index, BMD increased in a linear and L-shaped curve (BMD increased slowly with the increase in grip strength index), with a variation range of 0.1 g/cm². ***Conclusion***: Grip strength of both upper limbs and grip strength index (mainly of the left side) are positively correlated with BMD, and BMD shows a linear relationship with grip strength and an L-shaped curve relationship with grip strength index. The results of this study further support the correlation between grip strength and BMD and provide important empirical data for understanding the impact of grip strength on BMD, which has important significance for further research on the regulatory mechanism of BMD and the prevention and treatment of osteoporosis.

【Key words】bone mineral density; National Health and Nutrition Examination Surveys; grip strength; cross-sectional study

握力水平是通过测量个体手部握力的力量来评估其肌肉功能和整体身体状态的指标。握力水平与整体身体力量、功能性活动能力以及心血管健康等因素密切相关[1]，已有研究显示较低的握力水平与心血管疾病、残疾和死亡风险增加等不良健康结局相关联[2]。因此，握力是评估个体肌肉功能和整体生理状态的重要指标，与整体身体力量、功能性活动能力以及心血管健康等密切相关[3-4]。

骨密度是衡量骨骼强度和抗压能力的指标，通常用于评估骨质疏松和骨折风险[3,5]。骨密度的定义为单位体积骨组织中所含的矿物质和有机质的总量，通常以克/立方厘米（g/cm³）或克/平方厘米（g/cm²）为单位表示[6]。正常的骨密度水平对于维持骨骼结构的稳定性和功能性至关重要，而骨密度下降则会增加骨折和其他骨骼相关疾病的风险[6]。因此，准确评估骨密度水平对于预防和治疗骨质疏松等骨骼相关疾病具有重要意义。过去的研究表明，骨密度和握力水平之间可能存在正相关[3,7-8]，但这一关系的具体性质尚未完全明确。

在本研究中，使用多元线性回归分析方法，以探究握力水平与骨密度之间的相关性，并进一步按照年龄、性别和体质指数（body mass index，BMI）进行分层分析，以探索不同人群中这一关系的差异。通过这种方法，本课题组希望能够深入了解握力与骨密度之间的关系在不同年龄和性别组别中的表现，为制定个体化的骨骼健康管理策略提供科学依据。此外，本研究还采用了基于限制性立方样条（restricted cubic spline，RCS）的曲线拟合分析方法，以更全面地探索握力与骨密度之间的潜在关系。通过RCS方法，能够揭示握力与骨密度之间可能存在的非线性关系，为进一步研究提供更深入的启示。本研究旨在通过对美国国家健康和营养检查调查（national health and nutrition examination surveys，NHANES）数据库的分析，深入探讨握力水平与骨密度之间的关系，为骨骼健康管理提供更为准确和有效的参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

如图1所示，本研究使用了NHANES数据库从2011~2014年收集的数据（注：只有2011~2014年和2013~2014年这2个周期的参与者同时检查了握力和骨密度）。纳入和排除的流程图如下文所描述。在NHANES数据库2011~2014年的参与者中，第一步提取了含有骨密度水平和握力及其他协变量信息的18 378例参与者，然后逐步剔除缺失信息。

逐步剔除以下信息缺失的参与者：总骨密度8 786人，握力382人，收入指数615人，受教育水平3人，身高10人，BMI 2人，吸烟信息3 161人，饮酒信息271人。最终纳入5 148人（注：因样本量足够，并未对缺失进行插补）。

1.2 研究设计

如图1所示，对来自于NHANES数据库2011~2014年和2013~2014年2个周期的5 148例参与者的数据进行横断面

研究，在总体参与者中采用多元线性相关分析握力水平与骨密度的相关性，然后依据年龄、性别和BMI分别进行了分层分析，并通过曲线拟合来分析上肢握力和骨密度的具体线性及非线性关系。

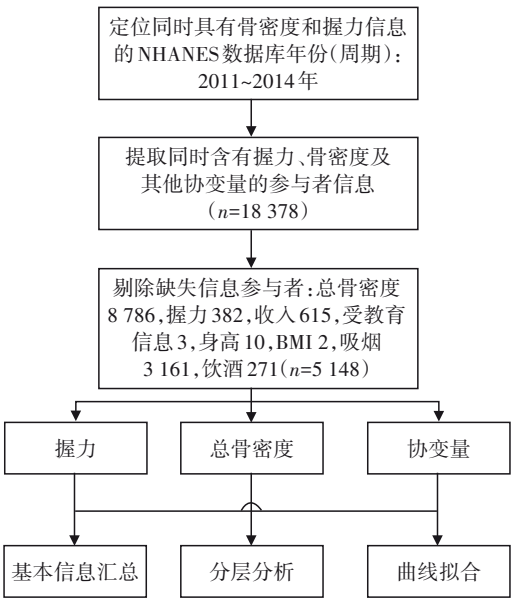


图1 本研究的受试者纳入过程及分析流程

1.3 主要变量定义

本研究使用的握力定义为对双上肢分别使用检测3次，双手在3次检测中最优成绩的总和，单位为kg，为NHANES数据库原mgdcgsz变量。握力体重指数（握力指数）计算公式：握力÷体重×100计算，对左右手分别取3次检测中最大值，平均握力指数即为左右手握力指数的平均值。总骨密度定义：双能X射线法所测得全身总骨密度，单位：g/cm^2。为NHANES数据库原dxdtobmd变量。

1.4 协变量

除了性别、年龄、种族、家庭收入贫困比（family income to poverty ratio，简称PIR，数值越高代表经济状况越富裕）、身高（以厘米为单位）、以及BMI之外，受教育水平被分为如下几个层次：初中以下、高中未毕业、高中毕业、大学肄业、以及大学毕业及以上；吸烟情况被划分为：过去吸烟、从不吸烟、现在吸烟三类；饮酒情况被为：曾经饮酒、从不饮酒、轻度饮酒、中度饮酒、以及重度饮酒5个等级。

1.5 统计学方法

对于握力及协变量与总骨密度的关系，采用R语言的survey包进行分析。首先，依据人口学权重对数据进行加权处理。以总骨密度作为因变量，双上肢握力及其他协变量作为自变量，进行多元线性回归分析。其中，握力作为可通过训练增强的变量，而骨密度则难以直接受其影响。回归分析结果以回归系数（β）、95% 置信区间（95%CI）和P值表示。为进一步探讨年龄、性别及BMI对结果的影响，进行了分层分析。在分层分析中，除分层因素（如年龄、性别、BMI）未纳入协变量外，其余协变量与主分析保持一致。在基线特征的统计分析中，同样依据人口学权重对数据进行加权处理。分类变量采用加权卡方检验，结果以χ^2值、自由度和P值表示。连续变量采用加权t检验，结果以t值、自由度和P值表示。连续变量符合正态分布的数据以均值 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，不符合正态分布的数据以中位数（四分位距）[M_d（P_{25}，P_{75}）]表示；分类变量以频数（百分比）[n（%）]表示。此外，为探讨握力与骨密度之间的非线性关系，使用R语言中的rcssci包中的rcssci_linear函数进行曲线拟合分析。节点数设置为4，协变量的纳入与多元线性回归分析一致。曲线拟合结果以节点位置、拟合曲线的回归系数及P值表示，并辅以可视化图形展示握力与骨密度的非线性关系。所有分析的检验水准设定为α=0.05。

2 结 果

2.1 基线水平

参与者的基本信息如表1所示，共5 148例参与者男性2 493例，女性2 655例被纳入研究。总体握力为（77.48 ± 0.40）kg，男性（93.98 ± 0.45）kg，女性（59.71 ± 0.24）kg；左上肢握力总体（37.75 ± 0.21）kg，女性（28.89 ± 0.12）kg，男性（45.98 ± 0.24）kg；总体右上肢握力（39.73 ± 0.20）kg，女性（30.83 ± 0.13）kg，男性（48.00 ± 0.23）kg。总体左侧握力体重指数 46.87 ± 0.33，男性 53.65 ± 0.46，女性 39.56 ± 0.26；总体右侧握力体重指数 49.37 ± 0.33，男性 56.01 ± 0.47，女性 42.21 ± 0.26；总体平均握力指数 48.12 ± 0.33，男性 54.83 ± 0.46，女性 40.89 ± 0.26；总体年龄为（38.85 ± 0.40）岁，男性（38.63 ± 0.41）岁，女性（39.10 ± 0.52）岁；总体骨密度水平为（1.11 ± 0.00）g/cm^2，男性（1.15 ± 0.00）g/cm^2，女性（28.80 ± 0.24）g/cm^2；总体BMI水平为（28.65 ± 0.20）kg/m^2，男性（28.51 ± 0.20）kg/m^2，女性（29.23 ± 0.19）kg/m^2；总体身高水平为（169.84 ± 0.20）cm，男性（176.10 ± 0.21）cm，女性（163.10 ± 0.23）cm；总体PIR为 2.92 ± 0.09，男性 2.95 ± 0.09，女性 2.90 ± 0.09。其余变量详见表1。

2.2 握力水平与骨密度

由表2可知，在排除了年龄、性别、身高、BMI、收入等影响后，握力仍然与总骨密度具有明显正相关性（P<0.000 1）。此外，年龄与骨密度呈现负相关。而非西班牙裔黑人种族（墨西哥裔为参照），大学毕业及以上（高中未毕业为参照）、身高、BMI则与骨密度呈现正相关关系。

为更好的代表握力水平，进一步使用握力指数作为因变量继续分析并对左右手进行区分，对左右手的握力指数及二者平均值进一步进行多元线性回归分析。如表3所示，3种握力指数都显示出了与总骨密度的正向相关，其中左侧握力指数及平均握力指数的效应值均为0.001 5，比右侧握力指数（0.001 3）稍强。

针对以上回归分析结果，进一步进行了关于年龄、性别

表1 纳入者的加权基线特征

指标	总体（n=5 148）	女性（n=2 655）	男性（n=2 493）	t/F值	P值
总骨密度（g/cm^2）	1.11 ± 0.00	1.08 ± 0.00	1.15 ± 0.00	20.539	<0.001
双上肢握力（kg）	77.48 ± 0.40	59.71 ± 0.24	93.98 ± 0.45	69.588	<0.001
左上肢握力（kg）	37.75 ± 0.21	28.89 ± 0.12	45.98 ± 0.24	65.016	<0.001
右上肢握力（kg）	39.73 ± 0.20	30.83 ± 0.13	48.00 ± 0.23	68.934	<0.001
左侧握力体重指数	46.87 ± 0.33	39.56 ± 0.26	53.65 ± 0.46	29.158	<0.001
右侧握力体重指数	49.37 ± 0.33	42.21 ± 0.26	56.01 ± 0.47	28.205	<0.001
平均握力指数	48.12 ± 0.33	40.89 ± 0.26	54.83 ± 0.46	29.206	<0.001
PIR	2.92 ± 0.09	2.90 ± 0.09	2.95 ± 0.09	1.241	0.22
年龄（岁）	38.85 ± 0.40	39.10 ± 0.52	38.63 ± 0.41	−0.963	0.34
BMI（kg/m^2）	28.65 ± 0.20	28.80 ± 0.2	28.51 ± 0.20	−1.502	0.14
身高（cm）	169.84 ± 0.20	163.10 ± 0.23	176.10 ± 0.21	57.877	<0.001
受教育水平[加权%]				7.711	<0.001
高中未毕业	10.60	9.77	11.38		
大学毕业及以上	31.71	33.29	30.24		
高中毕业	21.21	18.51	23.71		
初中毕业及以下	2.81	2.28	3.31		
大学肄业	33.67	36.15	31.36		
饮酒情况[加权%]				37.410	<0.001
曾经	10.05	9.09	10.94		
重度	27.34	22.64	31.71		
轻度	32.70	29.19	35.96		
中度	19.66	26.07	13.71		
从不	10.25	13.02	7.69		
种族[加权%]				2.830	0.04
墨西哥裔	9.26	8.47	9.99		
非西班牙裔黑人	10.94	11.86	10.10		
非西班牙裔白人	65.42	65.28	65.55		
其他拉美裔	6.19	6.36	6.04		
其他	8.19	8.04	8.32		
吸烟情况[加权%]				9.035	<0.001
既往	18.38	16.04	20.54		
从不	58.68	62.76	54.89		
现在	22.94	21.20	24.56		

注：分类变量仅展示加权百分比

及BMI的分层分析。结果见表4，3种因素对握力指数与骨密度间的关联存在着不同程度的交互作用。其中年龄（平均指数P=0.071，左侧指数P=0.023，右侧指数P=0.069）和性别（平均指数P=0.011，左侧指数P=0.023，右侧指数P=0.068）的交互作用较弱，BMI的交互作用较强（平均指数P<0.001，左侧指数P<0.001，右侧指数P=0.003）。具体来说，握力指数与骨密度的相关性在第二、四等分年龄段（27~38岁，48~59岁）中相对较弱，女性比男性强，第一等分BMI中不存在。然而，针对双上肢握力之和的分层分析结果却显示在第一等分BMI人群中存在着比其他BMI人群稍低的相关性。

2.3 握力与骨密度的曲线关系

图2的曲线拟合关系可以看出，总握力与骨密度仅存在线性关系（P<0.001），而无非线性关系（P=0.294）。但握力指数却显示出了与骨密度间的L型，甚至倒U型曲线关系（线性及非线性P值均<0.001）。具体来说平均握力指数与左侧握力指数均表现为与骨密度呈L型曲线关系，握力指数>60后，骨密度增长缓慢或稍微下降；但右侧握力指数与骨密度表现为倒U型曲线关系，骨密度>60后，骨密度有着较为明显的下降。此外，受左侧握力（约0.1 g/cm^2）影响的骨密度范围明显超过右侧握力（约0.05 g/cm^2）。

表2　骨密度关于握力及协变量的多元线性回归分析结果

指标	效应	标准误	*t*值	*P*值	95%CI
握力	0.001	0.000	8.570	<0.001	0.001(0.0010,0.002)
年龄	−0.001	0.000	−3.831	0.002	−0.001(−0.0010,0.000)
种族					
墨西哥裔	参照	参照	参照	参照	参照
非西班牙裔黑人	0.054	0.005	11.317	<0.001	0.054(0.044,0.065)
非西班牙裔白人	−0.012	0.007	−1.702	0.114	−0.012(−0.028,0.003)
其他拉美裔	−0.005	0.006	−0.864	0.405	−0.005(−0.017,0.007)
其他	−0.008	0.005	−1.568	0.143	−0.008(−0.018,0.003)
PIR	0.002	0.001	1.505	0.158	0.002(−0.001,0.005)
性别					
女性	参照	参照	参照	参照	参照
男性	−0.005	0.008	−0.653	0.526	−0.005(−0.021,0.011)
受教育水平					
高中未毕业	参照	参照	参照	参照	参照
大学毕业及以上	0.020	0.006	3.604	0.004	0.020(0.008,0.033)
高中毕业	0.005	0.005	1.024	0.326	0.005(−0.005,0.014)
初中未毕业	−0.002	0.010	−0.203	0.843	−0.0020(−0.023,0.019)
大学肄业	0.005	0.006	0.817	0.430	0.005(−0.008,0.018)
身高(cm)	0.002	0.000	10.335	<0.001	0.002(0.002,0.003)
BMI(kg/m^2)	0.002	0.000	7.439	<0.001	0.002(0.001,0.003)
吸烟情况					
既往	参照	参照	参照	参照	参照
从不	0.004	0.005	0.787	0.446	0.004(−0.007, 0.015)
现在	0.000	0.005	0.128	0.900	0.000(−0.011, 0.012)
饮酒情况					
既往	参照	参照	参照	参照	参照
严重	0.008	0.007	1.228	0.243	0.008(−0.006,0.022)
轻微	−0.000	0.007	−0.030	0.977	0.000(−0.016,0.016)
中度	0.014	0.007	1.878	0.085	0.014(−0.002,0.030)
从不	−0.003	0.007	−0.489	0.634	−0.003(−0.018,0.011)

表3　骨密度关于握力指数的多元线性回归分析结果

指标	效应	标准误	*t*值	*P*值	95%CI
平均握力指数	0.002	0.000	5.723	<0.001	0.002(0.001,0.002)
左侧握力指数	0.002	0.000	5.855	<0.001	0.001(0.001,0.002)
右侧握力指数	0.001	0.000	5.214	<0.001	0.001(0.001,0.002)

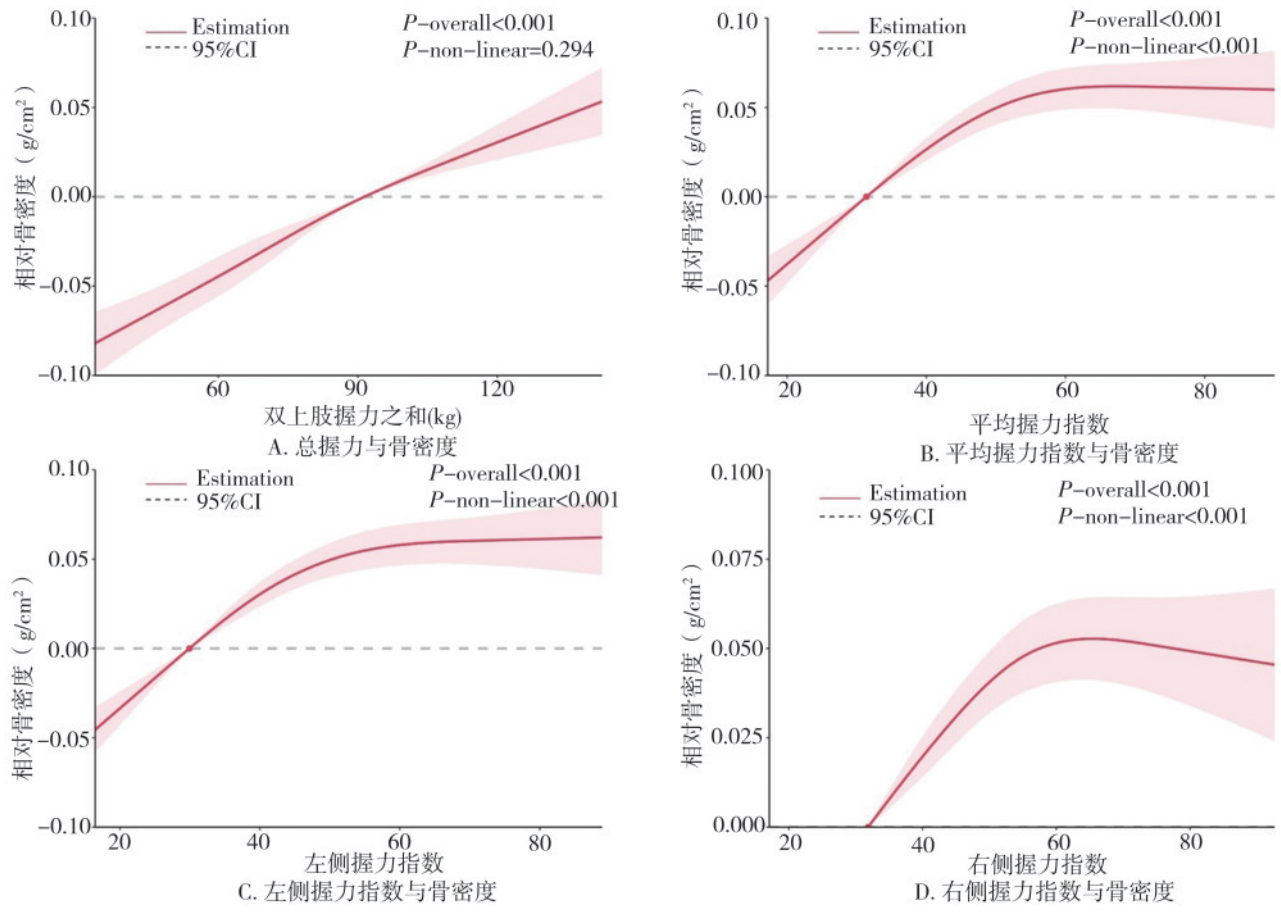
注：协变量已在表2显示，这里不再展示

表4　关于年龄、性别及BMI的分层分析结果

指标	分层	95%CI	*P*值	交互作用*P*值
平均握力指数	年龄			0.071
	Q1(18,27)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q2(27,38)	0.001(0.000,0.002)	0.033	
	Q3(38,48)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q4(48,59)	0.001(0.000,0.003)	0.149	

续表4

指标	分层	95%CI	*P*值	交互作用*P*值
	性别			0.011
	男性	0.002(0.001,0.002)	<0.001	
	女性	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	BMI			< 0.001
	Q1(13.6,23.6)	0.000(0.000,0.001)	0.800	
	Q2(23.6,27.4)	0.003(0.002,0.004)	<0.001	
	Q3(27.4,32.1)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q4(32.1,69)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
左侧握力指数	年龄			0.022
	Q1(18,27)	0.002(0.001,0.002)	<0.001	
	Q2(27,38)	0.000(0.0000,0.002)	0.049	
	Q3(38,48)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q4(48,59)	0.002(0.000,0.003)	0.079	
	性别			0.023
	男性	0.002(0.001,0.002)	<0.001	
	女性	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	BMI			< 0.001
	Q1(13.6,23.6)	0.000(−0.001,0.001)	0.805	
	Q2(23.6,27.4)	0.003(0.002,0.003)	<0.001	
	Q3(27.4,32.1)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q4(32.1,69)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
右侧握力指数	年龄			0.069
	Q1(18,27)	0.002(0.0001,0.002)	<0.001	
	Q2(27,38)	0.001(0.000,0.002)	0.028	
	Q3(38,48)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q4(48,59)	0.001(−0.001,0.002)	0.296	
	性别			0.068
	男性	0.002(0.001,0.002)	<0.001	
	女性	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	BMI			0.003
	Q1(13.6,23.6)	0.000(−0.001,0.001)	0.805	
	Q2(23.6,27.4)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q3(27.4,32.1)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q4(32.1,69)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
双上肢握力之和	年龄			0.172
	Q1(18,27)	0.002(0.001,0.002)	<0.001	
	Q2(27,38)	0.001(0.000,0.002)	0.003	
	Q3(38,48)	0.002(0.001,0.002)	<0.001	
	Q4(48,59)	0.001(0.000,0.002)	0.349	
	性别			0.028
	男性	0.001(0.001,0.002)	<0.001	
	女性	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	BMI			0.003
	Q1(13.6,23.6)	0.001(0.000,0.002)	0.001	
	Q2(23.6,27.4)	0.002(0.001,0.003)	<0.001	
	Q3(27.4,32.1)	0.001(0.001,0.002)	<0.001	
	Q4(32.1,69)	0.001(0.000,0.002)	<0.001	



注：2C-D 横坐标为握力体重指数，单位为 1

图 2　握力水平与骨密度的曲线关系

3　讨　论

根据研究结果，本课题组发现握力与骨密度之间存在显著的相关性。在排除了年龄、性别、身高、BMI、收入等影响因素后，双手总握力及双侧握力指数仍然与总骨密度呈现正相关关系（P<0.000 1），这表明握力水平较高的个体往往具有更高的骨密度。相对于右侧，而左侧握力指数显示出了更强的效应值，曲线拟合结果也表明左侧握力能够影响更大范围的骨密度，且随着左侧握力指数的增长，骨密度仅表现增长变慢，但右侧握力指数达到约 60 后，骨密度开始下降。目前大多数人群为右利手，左侧握力指数显示出更强的效应可能与此有关，但由于缺乏相关研究，具体机制有待进一步探索。

既往的横断面、孟德尔随机化、队列分析等研究与本研究结论基本一致[3,8-9]。当然，与这些研究相比，本研究进一步使用了握力体重指数进行补充分析，能够更好地去除体重因素导致的混杂影响；此外本研究中对左右手进行了区分，并发现左右手与骨密度相关性的差异，这在既往研究中并未被报道；本研究中进行了详细的分层分析，探索了年龄、性别、BMI 等因素对握力与骨密度间相关性的交互作用。此外，本研究样本量更大，数据来源可靠，且纳入了较多的混杂因素作为协变量，提供了更可靠的证据。

年龄与骨密度之间呈现负相关，这与目前的主流观点一致，即随着年龄增长骨密度下降[6,10-11]。另外，种族、受教育水平、身高和 BMI 等因素也与骨密度呈正相关。具体来说，非西班牙裔黑人种族（以墨西哥裔为参照）、大学毕业及以上教育水平（以高中未毕业为参照）、较高的身高和 BMI 都与更高的骨密度水平相关联。既往的孟德尔随机化研究显示，受教育水平对骨密度具有正向效应[12]，与本研究基本一致。而非西班牙裔黑人种族、身高及 BMI 与骨密度的正相关关系则符合基本常识且与既往研究一致[1]。

在对不同年龄段、性别及 BMI 进行分层分析后，发现年龄、性别及 BMI 对握力指数与骨密度的关系均具有交互作用。由于左侧握力体重指数与骨密度显示出更强的相关性，这里重点关注左侧握力指数。具体表现为：在第二（27~38 岁）和第四

（48~59 岁）等分年龄段人群中，握力与骨密度的相关性效应较其他年龄段稍弱。可能是因为在这 2 个年龄段人体的生理状态处于一个过渡期，骨密度的变化可能受到多种因素的影响，例如生活方式习惯的转变、代谢水平的调整（女性绝经开始年龄与第四年龄分层大致重合）等，这些因素可能会削弱握力对骨密度的影响[10-11,13]。此外，男性中握力与骨密度的关联效应比女性稍弱，可能涉及到生理结构和激素水平等性别差异的因素[14-16]。对 BMI 也进行了 4 等分，BMI 最轻的群体中（13.6~23.6）kg/cm^2，握力指数与骨密度无相关性，其余人群均存在着显著的相关性。这可能是由于 BMI 最低的群体可能面临营养不良的风险，尤其是当体重过低时，营养不良可能影响骨骼的健康和发育，导致骨密度下降。在这种情况下，握力指数可能无法反映因营养不良导致的骨密度变化。另外，在 BMI 较低的群体中，体重主要由肌肉和相对较少的脂肪组成。由于握力指数是用握力除以体重来计算得出，体重较轻而握力较大者主要存在于这部分人群，其握力指数很高；又因为体重较轻，骨密度范围较小，握力指数难以与骨密度呈现出相关性。使用双上肢握力之和进行的分层分析结果显示，在不同 BMI 的人群中都存在着相关明显性，也能够支持这样的说法。

曲线拟合结果提示双上肢握力之和与骨密度仅存在线性关系。但握力指数（这里主要分析左侧）却与骨密度显示出 L 型的曲线关系。说明握力指数能够更好的代表真实的握力水平，也表示有效的肌肉力量锻炼对于提高骨密度和降低骨折风险具有潜在的保护作用，也为已经被广泛证实的力量训练的健康效应[1,17-18]提供了更多证据。

综上所述，本研究结果进一步支持了握力水平与骨密度之间的相关性，并为了解握力对骨密度的影响提供了重要的实证数据。这些发现有助于更好地理解骨密度的形成机制，为预防和治疗骨质疏松等骨密度相关疾病提供理论依据和临床参考。这些发现对于进一步研究骨密度的调节机制以及预防和治疗骨质疏松症具有重要意义。然而，本研究也存在一些限制，例如研究设计为横断面研究，不能确定因果关系。未来的研究可以采用纵向研究设计，以更好地理解握力与骨密度之间的关系。

参 考 文 献

[1] MacKey DC, Eby JG, Harris F, et al. Prediction of clinical non-spine fractures in older black and white men and women with volumetric BMD of the spine and areal BMD of the hip: the Health, Aging, and Body Composition Study[J]. J Bone Miner Res, 2007, 22(12): 1862-1868.

[2] Kuo K, Zhang YR, Chen SD, et al. Associations of grip strength, walking pace, and the risk of incident dementia: a prospective cohort study of 340212 participants[J]. Alzheimers Dement, 2023, 19(4): 1415-1427.

[3] Song JD, Liu T, Zhao JX, et al. Causal associations of hand grip strength with bone mineral density and fracture risk: a Mendelian randomization study[J]. Front Endocrinol, 2022, 13: 1020750.

[4] Woolf AD, Pfleger B. Burden of major musculoskeletal conditions [J]. Bull World Health Organ, 2003, 81(9): 646-656.

[5] Du DK, Jing ZP, Zhang GY, et al. The relationship between central obesity and bone mineral density: a Mendelian randomization study[J]. Diabetol Metab Syndr, 2022, 14(1): 63.

[6] Barry DW, Kohrt WM. BMD decreases over the course of a year in competitive male cyclists[J]. J Bone Miner Res, 2008, 23(4): 484-491.

[7] Liu C, Liu NY, Xia Y, et al. Osteoporosis and sarcopenia-related traits: a bi-directional Mendelian randomization study[J]. Front Endocrinol, 2022, 13: 975647.

[8] Lee A, McArthur C, Ioannidis G, et al. Associations between Social Isolation Index and changes in grip strength, gait speed, bone mineral density (BMD), and self-reported incident fractures among older adults: results from the Canadian Longitudinal Study on Aging (CLSA) [J]. PLoS One, 2023, 18(10): e0292788.

[9] Kaya A, Ozgocmen S, Ardicoglu O, et al. Relationship between grip strength and hand bone mineral density in healthy adults[J]. Arch Med Res, 2005, 36(5): 603-606.

[10] Farzi M, Pozo JM, McCloskey E, et al. Quantitating age-related BMD textural variation from DXA region-free-analysis: a study of hip fracture prediction in three cohorts[J]. J Bone Miner Res, 2022, 37(9): 1679-1688.

[11] Padlina I, Gonzalez-Rodriguez E, Hans D, et al. The lumbar spine age-related degenerative disease influences the BMD not the TBS: the Osteolaus cohort[J]. Osteoporos Int, 2017, 28(3): 909-915.

[12] Liu Q, Tooki T, Di DS, et al. Role of lifestyle factors in mediating the effect of educational attainment on bone mineral density: a Mendelian randomization study[J]. Arch Osteoporos, 2023, 18(1): 120.

[13] Schwarz P, Jorgensen NR, Mosekilde L, et al. Effects of increasing age, dosage, and duration of PTH treatment on BMD increase: a meta-analysis[J]. Calcif Tissue Int, 2012, 90(3): 165-173.

[14] Rezaei A, Dragomir-Daescu D. Femoral strength changes faster with age than BMD in both women and men: a biomechanical study[J]. J Bone Miner Res, 2015, 30(12): 2200-2206.

[15] Araneta MRG, von Mühlen D, Barrett-Connor E. Sex differences in the association between adiponectin and BMD, bone loss, and fractures: the Rancho Bernardo study[J]. J Bone Miner Res, 2009, 24(12): 2016-2022.

[16] Zeng Q, Li N, Wang QQ, et al. The prevalence of osteoporosis in China, a nationwide, multicenter DXA survey[J]. J Bone Miner Res, 2019, 34(10): 1789-1797.

[17] Kim JH. Effect of grip strength on mental health[J]. J Affect Disord, 2019, 245: 371-376.

[18] Jiang RT, Westwater ML, Noble S, et al. Associations between grip strength, brain structure, and mental health in > 40, 000 participants from the UK Biobank[J]. BMC Med, 2022, 20(1): 286.

（责任编辑：周一青）

本文引用格式：
关贵超，付战利，强 毅. 双上肢握力与全身总骨密度：一项横断面研究[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(3)：381-388.