

·中国慢性病前瞻性研究·

# 中国 10 个地区成年人膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性分析

刘琪<sup>1</sup> 吴曼<sup>1</sup> 温俏睿<sup>1</sup> 杜怀东<sup>2</sup> 吕筠<sup>1</sup> 郭彧<sup>3</sup> 卞铮<sup>3</sup> 裴培<sup>3</sup> 陈君石<sup>4</sup>余灿清<sup>1</sup> 陈铮鸣<sup>2</sup> 李立明<sup>1</sup> 代表中国慢性病前瞻性研究项目协作组

<sup>1</sup>北京大学公共卫生学院流行病学与卫生统计学系/北京大学公众健康与重大疫情防控战略研究中心/北京大学分子心血管学教育部重点实验室 100191; <sup>2</sup>英国牛津大学临床与流行病学研究中心纳菲尔德人群健康系/英国牛津大学医学研究委员会人口健康研究组 OX3 7LF; <sup>3</sup>中国医学科学院, 北京 100730; <sup>4</sup>国家食品安全风险评估中心, 北京 100022

通信作者: 余灿清, Email: yucanqing@pku.edu.cn

**【摘要】** 目的 探索我国成年人主要膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的关系。方法 基于中国慢性病前瞻性研究(CKB)项目第二次重复调查,对 20 个食物组进行因子分析提取膳食模式。将四肢肌肉重量指数(ASMI)、全身肌肉重量指数(TSMI)、手握力和上肢肌肉质量(AMQ)分性别的最低五分位数作为判断低肌肉重量、力量和质量的分界值。采用 logistic 回归分析膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性。**结果** 提取出 2 种主要膳食模式,平衡膳食模式以摄入多种食物为特征,米肉膳食模式以摄入大米、肉类、家禽和鱼类较多为特点。平衡膳食模式得分高者,低 TSMI、低手握力和低 AMQ 的危险性降低,对应 OR 值(95%CI)分别为 0.83(0.74~0.95)、0.64(0.56~0.74)和 0.82(0.72~0.93),且关联具有线性趋势( $P < 0.05$ );米肉膳食模式得分高者,低 ASMI、低 TSMI 和低手握力的危险性更低,OR 值(95%CI)分别为 0.67(0.55~0.82)、0.69(0.56~0.85)和 0.74(0.60~0.91),且关联具有线性趋势( $P < 0.05$ )。**结论** 平衡膳食模式和米肉膳食模式得分较高者的肌肉重量、力量和质量更高。

**【关键词】** 膳食模式; 肌肉重量; 手握力; 因子分析**基金项目:** 国家自然科学基金(81973125); 国家重点研发计划(2016YFC0900500, 2016YFC0900501、2016YFC0900504); 中国香港 Kadoorie Charitable 基金

## The correlation of dietary patterns with low muscle mass, strength and quality in adults from 10 regions of China

Liu Qi<sup>1</sup>, Wu Man<sup>1</sup>, Wen Qiaorui<sup>1</sup>, Du Huaidong<sup>2</sup>, Lyu Jun<sup>1</sup>, Guo Yu<sup>3</sup>, Bian Zheng<sup>3</sup>, Pei Pei<sup>3</sup>, Chen Junshi<sup>4</sup>, Yu Canqing<sup>1</sup>, Chen Zhengming<sup>2</sup>, Li Liming<sup>1</sup>, for the China Kadoorie Biobank Collaborative Group

<sup>1</sup>Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University/Peking University Center for Public Health and Epidemic Preparedness and Response/Peking University Key Laboratory of Molecular Cardiovascular Sciences, Ministry of Education, Beijing 100191, China;

<sup>2</sup>Clinical Trial Service Unit and Epidemiological Studies Unit, Nuffield Department of Population Health/Medical Research Council Population Health Research Unit, University of Oxford, Oxford OX3 7LF, UK; <sup>3</sup>Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China; <sup>4</sup>China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China

Corresponding author: Yu Canqing, Email: yucanqing@pku.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To evaluate the correlation of dietary patterns with low muscle

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200618-00855

收稿日期 2020-06-18 本文编辑 李银鸽

引用本文: 刘琪, 吴曼, 温俏睿, 等. 中国 10 个地区成年人膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性分析[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(5): 780-786. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200618-00855.



mass, strength and quality in Chinese adults. **Methods** Based on the second resurvey of China Kadoorie Biobank, factor analysis was conducted to derive dietary patterns from 20 food groups. Low muscle mass, strength, and quality were defined as the sex-specific lowest quintile of appendicular skeletal muscle mass index (ASMI), total skeletal muscle mass index (TSMI), handgrip strength and arm muscle quality (AMQ) according to Asian Working Group for Sarcopenia recommendations. Logistic regression models were used to evaluate the correlation of dietary patterns with low muscle mass, strength, and quality. **Results** Two major dietary patterns were extracted. The balanced dietary pattern was characterized by the intake of a variety of foods, whereas the rice-meat dietary pattern was characterized by high intakes of rice, meat, poultry and fish. Individuals who had the highest quintile score of the balanced dietary pattern were less likely to have low TSMI, handgrip strength or AMQ ( $OR=0.83$ ,  $95\%CI: 0.74-0.95$  for low TSMI;  $OR=0.64$ ,  $95\%CI: 0.56-0.74$  for low handgrip strength;  $OR=0.82$ ,  $95\%CI: 0.72-0.93$  for low AMQ; for trend  $P<0.05$ ). And those who scored higher on the rice-meat dietary pattern had lower risk of low muscle mass and strength ( $OR=0.67$ ,  $95\%CI: 0.55-0.82$  for low ASMI;  $OR=0.69$ ,  $95\%CI: 0.56-0.85$  for low TSMI;  $OR=0.74$ ,  $95\%CI: 0.60-0.91$  for low handgrip strength; for trend  $P<0.05$ ). **Conclusion** Individuals followed the balanced dietary pattern, as well as those who followed the rice-meat dietary pattern, had better levels of skeletal muscle mass, strength and quality.

**【Key words】** Dietary pattern; Muscle mass; Handgrip strength; Factor analysis

**Fund programs:** National Natural Science Foundation of China (81973125); National Key Research and Development Program of China (2016YFC0900500, 2016YFC0900501, 2016YFC0900504); Kadoorie Charitable Foundation in Hong Kong of China

骨骼肌是人体重要的组成成分,是维持正常身体活动能力的重要保障。低肌肉重量和低肌肉力量是定义肌肉减少症(sarcopenia)的两个重要指标<sup>[1]</sup>。2007–2010年中国≥65岁老年人肌肉减少症患病率为15.0%<sup>[2]</sup>,且随着人口老龄化的加剧,肌肉减少症患病率以及由其导致的疾病负担仍将继续增加。膳食直接关系到机体的营养摄入情况,是影响机体肌肉健康状况的重要因素之一。既往研究大多对单一营养素或单一食物组与肌肉指标的关系进行探索<sup>[3-6]</sup>,无法考虑到各种食物间的复杂相互作用,因此还需要关注总体膳食模式对肌肉结构和功能的影响。目前关于膳食模式与肌肉重量、力量的关联研究较少,不同膳食模式的效应可能存在差异<sup>[7-8]</sup>,而且尚缺乏中国本土的人群研究证据。因此,针对中国成年人开展研究,探索膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性分析具有重要意义。本研究旨在利用中国慢性病前瞻性研究(China Kadoorie Biobank, CKB)项目10个地区的第二次重复调查数据,探索膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性。

## 对象与方法

1. 研究对象:本研究资料来自CKB项目于2013–2014年在全国10个项目地区(5个城市地区和5个农村地区)开展的第二次重复调查。CKB项目的基线调查于2004–2008年开展,纳入了50万余

名研究对象,之后每4~5年会定期对仍留存在队列的成员进行一次5%随机抽样的重复调查。第一次重复调查在每个项目地区通过整群随机抽样抽取一定数量的调查点,对调查点内除死亡者外的所有队列成员进行调查。而在第二次重复调查中,第一次重复调查的调查点全部入选,以确保复查人群的一致,同时每个地区再随机增加2~3个调查点以补充样本量,最终第二次重复调查纳入25 239名研究对象,有关项目的详细介绍参见文献[9-11]。本研究选取第二次重复调查有完整问卷信息的25 041人,并剔除肌肉重量、肌肉力量或膳食信息任意一项缺失者,最终纳入24 526人进行分析。

2. 研究方法:调查采用面对面访谈收集社会人口学特征和生活方式因素等信息,其中膳食信息通过食物频率法问卷获得,包括大米、面食、杂粮、肉类及制品、家禽及制品、鱼类/海产品、蛋类及制品、新鲜水果、新鲜蔬菜等20个食物组。食物的摄入频率共包括5类:“每天都吃”“每周有4~6天吃”“每周有1~3天吃”“每月有1~3天吃”和“不吃或极少吃”,将该分类变量取频率中间值转换为连续变量,即平均每周摄入7、5、2、0.5、0 d。摄入量信息则通过询问“你食用时,每天所摄入的量是多少”来获得,除豆浆、牛奶、纯的果汁/蔬菜汁、碳酸软饮料及其他软饮品以“毫升/天”为单位外,其余食物组均以“两/天”为单位。在数据分析前,将前述转换为连续变量的摄入频率与摄入量相乘后除以7,即可得到各食物组的平均每天摄入量。

研究对象的肌肉重量、手握力和体脂百分比均由经过统一培训的调查员采用统一工具现场测量获得。肌肉重量的测量采用 TANITA BC418 MA 人体脂肪测量仪,分别测出双侧四肢和躯干的电阻抗值,利用生物电阻抗分析法(BIA)推测出各个部位的肌肉量和脂肪量等体成分信息。本研究采用的肌肉重量绝对指标为四肢肌肉重量(appendicular skeletal muscle mass, ASM)和全身肌肉重量(total skeletal muscle mass, TSM),单位为 kg。为了控制体型大小本身对于肌肉总量的影响,将 ASM 和 TSM 分别除以身高的平方<sup>[12]</sup>,得到四肢肌肉重量指数(appendicular skeletal muscle mass index, ASMI)和全身肌肉重量指数(total skeletal muscle mass index, TSMI),单位为 kg/m<sup>2</sup>。肌肉力量采用手握力进行衡量,手握力测量采用 Jamar J00105 液压手握力测量仪,分别测量左右手的握力,每只手各测量一次,单位为 kg。本研究采用双手手握力的平均值进行分析。此外,还将双手握力平均值与双上肢肌肉重量平均值的比值定义为上肢肌肉质量(arm muscle quality, AMQ),即单位肌肉重量的肌肉力量,单位为 kg/kg<sup>[13]</sup>。体脂百分比的测量采用 TBF-300 身体成分分析仪,根据双脚脚底与金属平台接触后产生的微电流在体内传输过程中遇到的生物电阻抗力,估算体内脂肪比例。

3. 统计学分析:采用因子分析(主成分法)对 20 个食物组的摄入量进行分析,根据特征值(>1)和解释变异比例确定因子个数,根据因子负荷系数解读并命名膳食模式,计算膳食模式得分。按照各个膳食模式得分的五分位数进行分组,报告各组研究对象的地区及人群分布特征,并采用  $\chi^2$  检验或组间均数的多重比较判断各组间差异是否有统计学意义。按照亚洲肌肉减少症工作组(Asian Working Group for Sarcopenia, AWGS)推荐的标准,分别将研究人群肌肉重量和手握力的分性别的最低五分位数( $P_{20}$ )作为判断低肌肉重量和低肌肉力量的截断值,并采用同样的方式计算低肌肉质量的截断值<sup>[12]</sup>,将 ASMI、TSMI、手握力和 AMQ 分别划分为二分类变量,即低组(低于分性别的  $P_{20}$ )和参照组。以该二分类变量作为因变量,采用 logistic 回归分析膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性,并进行分步调整,得到 OR 值和 95%CI。其中,模型 1 仅调整年龄、性别、项目地区、文化程度、职业、家庭年收入和婚姻状况等社会人口学特征;模型 2 进一步调整体脂百分比;模型 3 再额外调整所

有生活方式因素,包括:吸烟(从不/偶尔吸烟、戒烟、当前每日吸烟 1~、10~和  $\geq 20$  支/d)、饮酒(从不/偶尔饮酒、曾经饮酒、每周饮酒、每日饮酒 <30、 $\geq 30$  g/d)、体力活动[按总体力活动水平(MET-h/d)四分位数分组]、睡眠时长( $\leq 5$ 、6、7、8、 $\geq 9$  h/d)、失眠症状[有(出现入睡或维持困难、早醒和日间功能障碍中的任一种)和无]。数据分析采用 Stata 15.0 软件,采用双侧检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

本研究对 20 个食物组进行因子分析,共得到 6 个特征值 >1 的因子,根据方差解释比例(>10%)和因子负荷特征,最终确定 2 个因子进行研究(方差解释比例分别为 11.12% 和 10.41%),并按膳食模式得分  $P_{20}$  分组描述各食物组摄入情况,见表 1。第一个因子以家禽及制品、鱼类/海产品、蛋类及制品、新鲜水果、新鲜蔬菜、干菜、豆制品和奶制品的因子负荷较高(0.34~0.58)为特点,该膳食模式得分与这些食物组的摄入量呈正相关,而主食摄入量的变化较小,命名为平衡膳食模式。第二个因子以大米和肉类及制品的因子负荷较高(0.80 和 0.53)、面食及杂粮较低(-0.73 和 -0.53)为特点,命名为米肉膳食模式。随该膳食模式得分的增加,大米、肉类及制品、家禽及制品、鱼类及海产品的摄入量增加,而面食和杂粮的摄入量下降。

将全部研究对象按 2 种模式得分  $P_{20}$  进行分组后,研究对象的基本特征见表 2。平衡膳食模式得分较高(Q5 组)的研究对象的年龄较小(58.4 岁  $\pm$  10.0 岁),城市地区人群占 73.9%,北方地区人群的比例略高于南方地区,文化程度和家庭年收入大多处于中等水平,工/农业劳动者所占比例较高,已婚者比例较高(89.4%),平均身高、体重、BMI 均较高。而遵循米肉膳食模式的研究对象(Q5 组)中,男性所占比例较高(53.3%),人群主要集中在南方地区(占 98.0%),文化程度为小学及以下者占 58.3%,工/农业劳动者占 56.4%,未观察到平均年龄及身高、体重、BMI 的明显趋势。

以分性别  $P_{20}$  作为截断值的标准,本研究人群低肌肉重量、低肌肉力量和低肌肉质量的截断值见表 3。

在全人群中,对于平衡膳食模式,与得分最低组相比,得分最高组低 TSMI、低手握力和低 AMQ 的危险性均下降,对应的 OR 值(95%CI)分别为

表 1 膳食模式旋转后的因子负荷矩阵以及各食物组的平均每天摄入量(g)

食物	平衡膳食模式				米肉膳食模式			
	Q1	Q3	Q5	因子负荷	Q1	Q3	Q5	因子负荷
大米	226.9	207.0	162.9	-0.14	34.8	207.0	387.5	0.80
面食	70.5	98.2	136.7	0.19	255.9	55.6	28.8	-0.73
杂粮	36.7	34.4	40.5	0.03	104.4	16.9	10.8	-0.53
肉类及制品	31.4	53.9	75.5	0.29	20.8	48.4	96.7	0.53
家禽及制品	3.5	11.3	30.3	0.47	5.5	11.8	25.9	0.32
鱼类/海产品	6.3	20.0	49.1	0.38	5.3	21.6	43.5	0.31
蛋类及制品	14.4	31.1	44.7	0.34	44.0	27.5	19.3	-0.33
新鲜水果	27.1	70.5	165.5	0.54	81.3	83.2	68.0	-0.07
新鲜蔬菜	157.8	235.0	329.7	0.42	248.3	214.8	265.1	0.01
干菜	0.8	5.4	21.0	0.58	5.3	8.3	7.8	0.04
豆制品	7.3	18.8	41.4	0.46	19.6	20.9	21.3	0.01
豆浆	1.6	12.4	49.3	0.34	21.4	19.9	10.9	-0.07
牛奶	3.2	25.5	80.3	0.35	43.8	30.8	12.9	-0.17
酸奶	0.5	4.0	29.6	0.38	8.3	9.4	4.3	-0.06
其他奶制品	0.2	0.7	2.3	0.09	1.2	1.2	0.6	-0.03
咸菜	4.2	7.1	13.0	0.17	3.9	6.7	11.8	0.14
酸泡菜	2.9	6.0	9.2	0.12	6.6	4.4	7.9	0.02
果汁/蔬菜汁	0.1	0.6	7.9	0.23	1.2	2.1	1.5	-0.003
碳酸软饮料	0.8	3.2	13.7	0.19	6.3	4.0	4.8	-0.02
其他软饮品	1.6	4.6	13.1	0.13	15.0	3.0	2.2	-0.14
方差解释比例(%)				11.12				10.41

注:膳食模式旋转采用方差最大法进行正交旋转

表 2 全人群按膳食模式五分位数分组后的基本特征

基本特征	平衡膳食模式			米肉膳食模式		
	Q1(n=4 905)	Q3(n=4 906)	Q5(n=4 905)	Q1(n=4 904)	Q3(n=4 906)	Q5(n=4 905)
男性(%)	1 439(29.3)	1 998(40.7)	2 150(43.8)	1 972(40.2)	1 520(31.0)	2 613(53.3)
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$ )	61.7 $\pm$ 10.2	59.1 $\pm$ 10.0	58.4 $\pm$ 10.0	58.8 $\pm$ 10.1	60.8 $\pm$ 10.6	58.1 $\pm$ 9.1
城市(%)	866(17.7)	1 968(40.1)	3 624(73.9)	776(15.8)	2 388(48.7)	2 356(48.0)
南方(%)	3 513(71.6)	3 197(65.2)	2 387(48.7)	36(0.7)	4 310(87.9)	4 808(98.0)
文化程度(%)						
小学及以下	3 780(77.1)	2 676(54.6)	1 318(26.9)	2 658(54.2)	2 575(52.5)	2 861(58.3)
初中及高中	1 108(22.6)	2 068(42.1)	2 824(57.6)	2 108(43.0)	1 983(40.4)	1 890(38.5)
大专及以上	17(0.3)	162(3.3)	763(15.5)	138(2.8)	348(7.1)	154(3.2)
家庭年收入(元,%)						
<20 000	1 635(33.3)	1 027(20.9)	462(9.4)	1 691(34.5)	889(18.1)	794(16.2)
20 000~	2 222(45.3)	2 616(53.3)	3 007(61.3)	2 887(58.9)	2 539(51.8)	2 361(48.1)
75 000~	1 048(21.4)	1 263(25.8)	1 436(29.3)	326(6.6)	1 478(30.1)	1 750(35.7)
职业(%)						
工/农业劳动者	2 470(50.4)	2 645(53.9)	2 326(47.4)	3 104(63.3)	2 055(41.9)	2 766(56.4)
非工农劳动者	290(5.9)	790(16.1)	1 832(37.4)	542(11.1)	1 118(22.8)	739(15.1)
家务及其他无业者	2 145(43.7)	1 471(30.0)	747(15.2)	1 258(25.6)	1 733(35.3)	1 400(28.5)
已婚(%)	4 047(82.5)	4 332(88.3)	4 383(89.4)	4 295(87.6)	4 125(84.1)	4 502(91.8)
身高(cm, $\bar{x}\pm s$ )	155.0 $\pm$ 7.8	157.7 $\pm$ 8.1	160.6 $\pm$ 8.3	159.0 $\pm$ 8.2	156.0 $\pm$ 8.3	159.1 $\pm$ 7.9
体重(kg, $\bar{x}\pm s$ )	57.0 $\pm$ 10.2	60.0 $\pm$ 10.6	64.1 $\pm$ 11.4	62.5 $\pm$ 10.9	58.0 $\pm$ 10.9	61.0 $\pm$ 10.3
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x}\pm s$ )	23.7 $\pm$ 3.5	24.0 $\pm$ 3.4	24.8 $\pm$ 3.5	24.7 $\pm$ 3.6	23.7 $\pm$ 3.5	24.0 $\pm$ 3.2

注:除米肉膳食模式中 Q5 组和 Q1 组身高均数间的差异无统计学意义(P=0.556)外,其余各组间构成比或均数差异均有统计学意义(P&lt;0.05)

**表 3** 研究人群低肌肉重量、低肌肉力量  
和低肌肉质量的截断值

指标	男性 $P_{20}$	女性 $P_{20}$
ASMI(kg/m <sup>2</sup> )	<7.26	<6.23
TSMI(kg/m <sup>2</sup> )	<16.81	<14.70
手握力(kg)	<25.00	<15.00
AMQ(kg/kg)	<10.17	<8.68

注:截断值选择参照亚洲肌肉减少症工作组(AWGS)推荐的标准, $P_{20}$ 为指标分布的第 20 百分位数,即最低五分位数。ASMI:四肢肌肉重量指数;TSMI:全身肌肉重量指数;AMQ:上肢肌肉质量

0.83(0.74~0.95)、0.64(0.56~0.74)和 0.82(0.72~0.93),且关联具有线性趋势(线性趋势  $P<0.05$ )。见表 4。

对于米肉膳食模式,与得分最低组相比,得分最高组低 ASMI、低 TSMI 和低手握力的危险性下降,对应的 OR 值(95%CI)分别为 0.67(0.55~0.82)、0.69(0.56~0.85)和 0.74(0.60~0.91),且效应值随膳食得分增加而具有线性趋势(线性趋势  $P<0.05$ )。见表 5。

### 讨 论

本研究基于 CKB 项目第二次重复调查,提取了我国 10 个地区约 2.5 万名成年人 20 个食物组的

2 种主要膳食模式,其中,平衡膳食模式以摄入包括家禽、鱼类及海产品、蛋类、新鲜水果和蔬菜、干菜、豆制品和奶制品在内的多种食物为特征,而米肉膳食模式则以摄入大米、肉类、家禽和鱼类较多为特点。进而分析了 2 种膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的关系,结果发现,平衡膳食模式得分高者,低肌肉重量、力量和质量的安全性更低;米肉膳食模式得分高者,低肌肉重量和力量的安全性更低。

本研究提取的 2 种主要膳食模式,与针对中国人群的具有全国代表性的研究结果类似。基于中国健康与营养调查(CHNS)的连续 72 h 膳食记录提取了 2 种膳食模式,其中现代膳食模式以摄入包括水果、牛奶、鱼类、蛋类、坚果、干菜、家禽以及快餐等在内的多种食物为特点<sup>[14]</sup>,与本研究发现平衡膳食模式特征相似;而传统膳食模式则以摄入大米、猪肉、叶类蔬菜、鱼类、家禽较多以及面食、粗粮较少为特点,与本研究发现米肉膳食模式特征较为一致。

既往研究结果也表明,增加摄入水果、蔬菜、干菜、豆制品以及家禽、鱼类、蛋类、奶制品等能使低肌肉重量、质量和力量的危险性降低,与本研究报告的平衡膳食模式特征基本一致。Chan 等<sup>[15]</sup>分析

**表 4** 全人群平衡膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性[OR 值(95%CI)]

指标	平衡膳食模式					趋势 P 值
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
总人数	4 905	4 905	4 906	4 905	4 905	
低 ASMI						
人数	1 162	1 008	1 069	847	812	
模型 1	1.00	0.95(0.86~1.05)	1.06(0.95~1.17)	0.84(0.75~0.94)	0.88(0.78~0.99)	0.012
模型 2	1.00	0.93(0.84~1.03)	1.03(0.92~1.14)	0.82(0.73~0.92)	0.84(0.74~0.95)	0.001
模型 3	1.00	0.94(0.85~1.04)	1.07(0.97~1.19)	0.86(0.76~0.96)	0.90(0.79~1.02)	0.044
低 TSMI						
人数	1 173	1 020	1 067	872	794	
模型 1	1.00	0.93(0.84~1.02)	0.98(0.89~1.09)	0.80(0.72~0.90)	0.82(0.72~0.93)	<0.001
模型 2	1.00	0.91(0.82~1.01)	0.95(0.86~1.06)	0.79(0.70~0.88)	0.79(0.69~0.89)	<0.001
模型 3	1.00	0.91(0.82~1.01)	0.99(0.89~1.10)	0.82(0.73~0.92)	0.83(0.74~0.95)	0.003
低手握力						
人数	1 440	1 098	1 029	831	661	
模型 1	1.00	0.81(0.73~0.90)	0.84(0.75~0.94)	0.75(0.66~0.85)	0.63(0.55~0.72)	<0.001
模型 2	1.00	0.81(0.72~0.90)	0.84(0.75~0.94)	0.74(0.66~0.84)	0.62(0.54~0.72)	<0.001
模型 3	1.00	0.81(0.72~0.90)	0.85(0.76~0.96)	0.76(0.67~0.86)	0.64(0.56~0.74)	<0.001
低 AMQ						
人数	1 261	1 005	933	868	825	
模型 1	1.00	0.83(0.74~0.92)	0.83(0.74~0.92)	0.84(0.75~0.95)	0.80(0.70~0.92)	0.011
模型 2	1.00	0.83(0.75~0.92)	0.84(0.75~0.94)	0.85(0.76~0.96)	0.82(0.72~0.93)	0.025
模型 3	1.00	0.83(0.74~0.92)	0.84(0.75~0.94)	0.85(0.75~0.96)	0.82(0.72~0.93)	0.023

注:模型 1:调整年龄、性别、地区、文化程度、职业、家庭年收入和婚姻状况;模型 2:模型 1+体脂百分比;模型 3:模型 2+吸烟、饮酒、体力活动、睡眠时长和失眠症状。ASMI:四肢肌肉重量指数;TSMI:全身肌肉重量指数;AMQ:上肢肌肉质量

表 5 全人群米肉膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性[OR 值(95%CI)]

指标	米肉膳食模式					趋势 P 值
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
总人数	4 904	4 906	4 906	4 905	4 905	
低 ASMI						
人数	711	938	1 256	1 136	857	
模型 1	1.00	1.07(0.93~1.23)	0.99(0.83~1.19)	0.93(0.77~1.12)	0.68(0.56~0.82)	<0.001
模型 2	1.00	1.18(1.02~1.37)	1.04(0.87~1.25)	0.93(0.77~1.12)	0.58(0.47~0.70)	<0.001
模型 3	1.00	1.21(1.04~1.40)	1.08(0.90~1.30)	1.01(0.83~1.23)	0.67(0.55~0.82)	<0.001
低 TSMI						
人数	655	848	1 270	1 177	976	
模型 1	1.00	1.08(0.93~1.26)	1.09(0.91~1.31)	0.93(0.77~1.12)	0.70(0.58~0.85)	<0.001
模型 2	1.00	1.19(1.02~1.39)	1.14(0.95~1.38)	0.93(0.77~1.13)	0.60(0.49~0.73)	<0.001
模型 3	1.00	1.22(1.04~1.42)	1.19(0.98~1.43)	1.01(0.83~1.23)	0.69(0.56~0.85)	<0.001
低手握力						
人数	1 196	1 004	1 179	957	723	
模型 1	1.00	0.88(0.76~1.01)	0.85(0.70~1.03)	0.83(0.68~1.01)	0.69(0.57~0.85)	<0.001
模型 2	1.00	0.89(0.77~1.02)	0.85(0.71~1.03)	0.83(0.68~1.01)	0.68(0.55~0.83)	<0.001
模型 3	1.00	0.89(0.77~1.03)	0.87(0.72~1.05)	0.86(0.71~1.05)	0.74(0.60~0.91)	0.005
低 AMQ						
人数	1 423	1 118	964	755	632	
模型 1	1.00	0.91(0.81~1.03)	0.90(0.76~1.07)	0.88(0.74~1.06)	0.88(0.73~1.07)	0.217
模型 2	1.00	0.88(0.79~1.01)	0.89(0.75~1.06)	0.89(0.74~1.06)	0.93(0.77~1.12)	0.525
模型 3	1.00	0.89(0.79~1.01)	0.89(0.75~1.06)	0.88(0.74~1.06)	0.93(0.77~1.13)	0.535

注:模型 1:调整年龄、性别、地区、文化程度、职业、家庭年收入和婚姻状况;模型 2:模型 1+体脂百分比;模型 3:模型 2+吸烟、饮酒、体力活动、睡眠时长和失眠症状。ASMI:四肢肌肉重量指数;TSMI:全身肌肉重量指数;AMQ:上肢肌肉质量

了≥65 岁中国香港地区老年人膳食模式与肌肉减少症(低肌肉重量、低肌肉力量和低步速)的关联,采用因子分析提取出蔬菜水果模式、肉类鱼类模式等 3 种膳食模式,横断面分析结果显示,在调整了文化程度、吸烟、饮酒、体力活动、BMI、能量摄入等因素后,在男性人群中,以摄入蔬菜、水果、大豆、蘑菇和菌类较多为特征的蔬菜水果模式得分越高,出现肌肉减少症的危险性越低( $OR=0.79$ ,  $95\%CI:0.64\sim0.97$ )。Bradlee 等<sup>[16]</sup>基于弗明汉后代研究(Framingham Offspring Study, FOS)探索高蛋白饮食与骨骼肌重量的关联,结果显示,较多摄入家禽、鱼类、奶制品等富含动物蛋白的食物能显著增加骨骼肌重量(家禽-鱼类: $HR=0.60$ ,  $95\%CI:0.40\sim0.89$ ;奶制品: $HR=0.58$ ,  $95\%CI:0.42\sim0.82$ )。平衡膳食模式与肌肉重量和力量关联的主要机制:首先,蔬菜和水果中富含维生素 C 和β胡萝卜素等抗氧化物质,可以减缓由氧化应激损失导致的肌肉重量和力量的下降<sup>[17]</sup>。其次,蘑菇、木耳等干菜中富含维生素 D<sup>[18]</sup>,维生素 D 则可能对肌肉产生有利影响<sup>[19]</sup>。再者,家禽、鱼类、蛋类、奶制品富含动物蛋白,新鲜蔬菜和豆制品富含植物蛋白,是丰富的氨基酸来源,可以刺激肌肉蛋白质的合成,对维持机体正常的肌

肉重量和力量具有重要作用<sup>[3]</sup>。此外,鱼油和蛋类中含有的不饱和脂肪酸也可以刺激蛋白质合成,还可能是潜在的抗炎成分<sup>[20]</sup>。

本研究也发现,米肉膳食模式得分高者的肌肉重量和力量更高,但既往报告具有该特征膳食模式的研究较少,关联分析结果也存在差别。Chan 等<sup>[15]</sup>报告的以摄入红肉、家禽、鱼类及海产品较多为主要特征肉类鱼类膳食模式,其膳食得分与肌肉减少症之间没有明显关联(男性: $OR=1.16$ ,  $95\%CI:0.98\sim1.37$ ;女性: $OR=0.91$ ,  $95\%CI:0.71\sim1.16$ ),但该结果可能由于仅将肉类鱼类膳食模式得分作为连续变量进行分析,未能检验不同分组与肌肉减少症的效应值。本研究发现的米肉膳食模式对肌肉重量和力量的保护作用,可能主要由于肉类、家禽和鱼类是丰富的蛋白质来源<sup>[3]</sup>,但该模式可能因缺少维生素 D 等重要营养素而并不利于低肌肉重量、力量和质量风险的降低<sup>[19]</sup>。但上述结果仅在膳食得分最高组中发现,这可能与我国城乡居民动物性蛋白质摄入不足有关。据研究报告,2013 年我国城乡居民人均每日从动物性食物中获得的蛋白质分别为 24.44 g 和 15.39 g,均低于“中国居民膳食宝塔”推荐的动物性食物人均每日标准蛋白质摄入

量(26.93~39.53 g)的下限<sup>[21]</sup>,因此仅米肉膳食得分最高,即摄入的蛋白质较为充足者中表现出对肌肉重量和力量的保护作用。然而,米肉膳食模式对肌肉重量、力量和质量真实效应仍待进一步证实。

本研究人群覆盖地区广,样本量相对较大,统计学把握度相对较高。本研究报告的2种膳食模式能够真实地反映中国内地人群的饮食特征,进一步补充了中国人群的膳食模式与低肌肉重量、力量和质量的相关性研究证据。但本研究也存在一定的局限性。首先,本研究的体成分分析仪器未对头颈部的肌肉重量进行测量,但由于头颈部肌肉重量仅占全身肌肉重量的很小一部分,对本研究结果造成的影响有限。其次,本研究测量的手握力反映了上肢肌肉力量,而未对下肢肌肉力量进行测量,但有研究表明手握力与腿部肌肉力量有很强的相关性<sup>[22]</sup>。此外,膳食模式与肌肉重量、力量和质量相关性分析结果为横断面关联,不能区分时间先后顺序,仅能提供病因线索。

综上所述,本研究发现平衡膳食和米肉膳食模式得分较高者的肌肉重量、力量和质量更高,提示膳食因素可能是导致肌肉结构和功能减退的原因之一。因此,对中国人群而言,采取以摄入新鲜蔬菜、水果、干菜和鱼、肉、蛋、奶及豆制品等多种食物为特征的平衡膳食模式,可能与低肌肉重量、力量和质量的发生风险较低有关。未来可以进一步探究膳食等生活方式因素与肌肉重量、力量和质量下降程度的前瞻性关联。

**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] Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on sarcopenia in older people [J]. *Age Ageing*, 2010, 39(4): 412-423. DOI: 10.1093/ageing/afq034.
- [2] Tyrovolas S, Koyanagi A, Olaya B, et al. Factors associated with skeletal muscle mass, sarcopenia, and sarcopenic obesity in older adults: a multi-continent study [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2016, 7(3): 312-321. DOI: 10.1002/jcsm.12076.
- [3] Celis-Morales CA, Petermann F, Steell L, et al. Associations of Dietary Protein Intake With Fat-Free Mass and Grip Strength: A Cross-Sectional Study in 146 816 UK Biobank Participants [J]. *Am J Epidemiol*, 2018, 187(11): 2405-2414. DOI:10.1093/aje/kwy134.
- [4] Abiri B, Vafa M. Nutrition and sarcopenia: A review of the evidence of nutritional influences [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2019, 59(9): 1456-1466. DOI: 10.1080/10408398.2017.1412940.
- [5] Scott D, Blizzard L, Fell J, et al. A prospective study of the associations between 25-hydroxy-vitamin D, sarcopenia progression and physical activity in older adults [J]. *Clin Endocrinol(Oxf)*, 2010, 73(5): 581-587. DOI: 10.1111/j.1365-2265.2010.03858.x.
- [6] Kim J, Lee Y, Kye S, et al. Association of vegetables and fruits consumption with sarcopenia in older adults: the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey [J]. *Age Ageing*, 2015, 44(1):96-102. DOI:10.1093/ageing/afu028.
- [7] Kelaiditi E, Jennings A, Steves CJ, et al. Measurements of skeletal muscle mass and power are positively related to a Mediterranean dietary pattern in women [J]. *Osteoporos Int*, 2016, 27(11):3251-3260. DOI:10.1007/s00198-016-3665-9.
- [8] Perala MM, von Bonsdorff MB, Mannisto S, et al. The healthy Nordic diet predicts muscle strength 10 years later in old women, but not old men [J]. *Age Ageing*, 2017, 46(4):588-594. DOI:10.1093/ageing/afx034.
- [9] 李立明, 吕筠, 郭斌, 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.
- [10] 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.
- [11] Chen ZM, Lee LM, 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.
- [12] Chen ZM, Chen JS, 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.
- [13] 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. DOI:10.1016/j.jamda.2013.11.025.
- [14] Jun M, Hitoshi N, Akihito O, et al. Low muscle quality in Japanese type 2 diabetic patients with visceral fat accumulation [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2018, 17(1): 112. DOI:10.1186/s12933-018-0755-3.
- [15] Xu XY, Hall J, Byles J, et al. Dietary pattern is associated with obesity in older people in China: data from China Health and Nutrition Survey(CHNS) [J]. *Nutrients*, 2015, 7(9):8170-8188. DOI:10.3390/nu7095386.
- [16] Chan R, Leung J, Woo J. A prospective cohort study to examine the association between dietary patterns and sarcopenia in Chinese community-dwelling older people in Hong Kong [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2016, 17(4): 336-342. DOI:10.1016/j.jamda.2015.12.004.
- [17] Bradlee ML, Mustafa J, Singer MR, et al. High-protein foods and physical activity protect against age-related muscle loss and functional decline [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2017, 73(1): 88-94. DOI: 10.1093/gerona/glx070.
- [18] Kim JS, Wilson JM, Lee SR. Dietary implications on mechanisms of sarcopenia: roles of protein, amino acids and antioxidants [J]. *J Nutr Biochem*, 2010, 21(1): 1-13. DOI:10.1016/j.jnutbio.2009.06.014.
- [19] Ahlborn J, Calzolari N, Spielmeier A, et al. Enrichment of vitamin D2 in mycelium from submerged cultures of the agaric mushroom *Pleurotus sapidus* [J]. *J Food Sci Technol*, 2018, 55(9): 3833-3839. DOI: 10.1007/s13197-018-3290-z.
- [20] Tomlinson PB, Joseph C, Angioi M. Effects of vitamin D supplementation on upper and lower body muscle strength levels in healthy individuals. A systematic review with Meta-analysis [J]. *J Sci Med Sport*, 2015, 18(5): 575-580. DOI:10.1016/j.jsams.2014.07.022.
- [21] Robinson S, Cooper C, Aihie Sayer A. Nutrition and sarcopenia: a review of the evidence and implications for preventive strategies [J]. *J Aging Res*, 2012, 2012(510801). DOI:10.1155/2012/510801.
- [22] 罗洁霞, 徐克. 我国居民家庭膳食蛋白质和脂肪摄入量比较 [J]. *中国食物与营养*, 2019, 25(2):79-83. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2019.02.020.
- [23] Luo JX, Xu K. Comparative Research on Protein and Fat Intake of Chinese Residents [J]. *Food and Nutrition in China*, 2019, 25(2):79-83. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2019.02.020.
- [24] Bohannon RW, Magasi SR, Bubela DJ, et al. Grip and knee extension muscle strength reflect a construct among adults [J]. *Muscle Nerve*, 2012, 46(4): 555-558. DOI: 10.1002/mus.23350.