

· 临床研究 ·

我国社区中老年人群肌肉量及肌肉力量与糖尿病的相关性

何云云¹, 金美玲², 常晶¹, 方向阳¹, 何昆仑³, 王晓娟^{1*}

(首都医科大学附属北京朝阳医院:¹ 综合科,² 肾内科, 北京 100020;³ 中国人民解放军总医院医学创新研究部, 医学大数据研究中心, 北京 100853)

【摘要】 目的 探讨我国社区中老年人群肌肉量及肌肉力量与糖尿病患病风险的相关性。**方法** 基于 2011 年中国健康与养老追踪调查 (CHARLS) 全国基线数据, 共纳入年龄 ≥ 45 岁数据完整的受试者 8 680 例, 其中糖尿病患者 1 461 例。收集一般资料及实验室指标。肌肉量用四肢骨骼肌肌肉量 (ASM) 表示, 手部握力 (HGS) 用握力计测量。根据体质量 (BM) 校正的肌肉量 (ASM/BM)、BM 校正的握力 (HGS/BM) 进行三分位, 并赋予相应分值 (Q1、Q2、Q3 分别赋分为 2、1、0 分), 计算综合评分。应用 logistic 回归探讨 ASM/BM、HGS/BM 对糖尿病患病风险的影响, 限制性立方样条曲线拟合 ASM/BM、HGS/BM 与糖尿病患病风险的剂量反应关系。采用 SPSS 22.0 及 R 4.2 软件进行数据分析。根据数据类型, 组间比较分别采用 *t* 检验、Mann-Whitney *U* 检验及 χ^2 检验。**结果** 糖尿病患者的 ASM/BM、HGS/BM 均明显低于非糖尿病人群 [(27.49 $\pm$ 3.90)% 和 (29.30 $\pm$ 4.51)%, (0.52 $\pm$ 0.16) 和 (0.57 $\pm$ 0.16)]; 均 $P<0.05$]。多因素 logistic 回归结果显示: Q1 组的 ASM/BM、HGS/BM 发生糖尿病的风险分别是 Q3 组的 1.260 倍 (95% *CI* 1.025~1.548; $P<0.05$) 及 1.496 倍 (95% *CI* 1.270~1.763; $P<0.05$)。二者的综合评分分数越高, 糖尿病患病风险越高, 最高得分是最低得分的 1.743 倍 (95% *CI* 1.333~2.279; $P<0.05$)。ASM/BM 和 HGS/BM 均与糖尿病患病风险存在线性剂量反应关系 (非线性 $P=0.138, 0.570$)。亚组分析结果显示: 在非肥胖人群中, 高综合评分显著增加了糖尿病的患病风险 ($P<0.05$), 但在肥胖人群中无统计学差异。**结论** 在社区中老年人群中, 肌肉量、肌肉力量是糖尿病患病风险的重要影响因素, 二者的综合评分越高, 糖尿病患病风险越高, 尤其在非肥胖人群中作用更为显著。

【关键词】 中老年人; 肌肉量; 肌肉力量; 糖尿病

【中图分类号】 R592

【文献标志码】 A

【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2023.08.118

Muscle mass and strength in community-dwelling middle-aged and older Chinese population and their correlation with diabetes mellitus

He Yunyun¹, Jin Meiling², Chang Jing¹, Fang Xiangyang¹, He Kunlun³, Wang Xiaojuan^{1*}

(¹Department of General Medicine, ²Department of Nephrology, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China; ³Research Center of Medical Big Data, Medical Innovation Research Division, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

【Abstract】 Objective To explore the correlation of muscle mass and strength with diabetes mellitus in community-dwelling middle-aged and older Chinese population. **Methods** Based on the baseline data of the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) in 2011, 8 680 eligible subjects aged ≥ 45 years with complete data were enrolled, including 1 461 subjects diagnosed with diabetes mellitus. The general data and laboratory indicators of all participants were collected. Their muscle mass is represented by appendicular skeletal muscle mass (ASM), and hand grip strength (HGS) is measured using a grip meter. The skeletal muscle mass adjusted by body weight (ASM/BM) and hand grip strength adjusted by body mass (HGS/BM) were both categorized into tertiles (Q1, Q2 and Q3), and were assigned 2, 1 and 0 points, respectively. The composite score was calculated as the sum of ASM/BM and HGS/BM scores. The effect of ASM/BM and HGS/BM on risk for diabetes was investigated by logistic regression analysis, and the dose-response relationship of ASM/BM and HGS/BM with diabetes risk was fitted by restricted cubic spline curve. SPSS statistics 22.0, R 4.2 were used for statistical analysis. Data comparison between two groups was performed using student's *t* test, Mann-Whitney *U* test or *Chi*-square test depending on data type. **Results** The ASM/BM and HGS/BM were significantly lower in the diabetic patients than the non-diabetic subjects [(27.49 $\pm$ 3.90)% *vs* (29.30 $\pm$ 4.51)%, (0.52 $\pm$ 0.16) *vs* (0.57 $\pm$ 0.16)]; $P<0.05$]. Multivariate logistic regression analysis showed that compared with the individuals from the Q3 group of ASM/BM and HGS/BM, those in Q1 group had 1.260-time (95% *CI* 1.025~1.548; $P<0.05$) and 1.496-times (95% *CI* 1.270~1.763; $P<0.05$) higher risk of diabetes, respectively. Moreover, the participants in the highest composite

收稿日期: 2022-12-28; 接受日期: 2023-03-14

基金项目: 国家重点研发计划 (2020YFC2006205)

通信作者: 王晓娟, E-mail: xjwang730715@sina.com

score group had a 1.743-times (95%CI 1.333–2.279; $P<0.05$) higher risk of diabetes than those in the lowest score group. Restricted cubic spline curve revealed that both ASM/BM and HGS/BM had a linear dose-response relationship with the risk of diabetes (non-linear $P=0.138, 0.570$). Subgroup analysis showed that higher composite score significantly increased the risk of diabetes in the non-obese population ($P<0.05$), but not in the obese population. **Conclusion** In community-dwelling middle-aged and older Chinese population, muscle mass and strength are influencing factors for diabetes. The higher the composite score is, the higher risk of diabetes will be, especially in the non-obese people.

【Key words】 middle aged and elderly; muscle mass; muscle strength; diabetes mellitus

This work was supported by National Key Research and Development Program of China (2020YFC2006205).

Corresponding author: Wang Xiaojuan, E-mail: xjwang730715@sina.com

糖尿病是一种以糖代谢紊乱为特征的慢性疾病,在全球范围内,糖尿病发病率持续上升。国际糖尿病联盟发布的数据显示:2019 年全球糖尿病的患病率约为 9.3%,到 2045 年将升至 10.9%^[1]。作为世界上糖尿病人群最多的国家,我国的糖尿病患病率在 2017 年就已达到 12.8%^[2]。因此,识别糖尿病的影响因素至关重要。骨骼肌是胰岛素摄取和利用葡萄糖的重要靶器官,负责餐后 80% 以上的葡萄糖摄取,在调节葡萄糖稳态中起主导作用^[3,4]。因此,肌肉量和功能的低下可能是糖尿病的重要影响因素之一。目前肌肉量的测量方法多种多样,如双能 X 线吸收法和生物电阻抗分析法等^[5],握力被认为是衡量肌肉力量最简单可靠的指标。目前关于肌肉量、握力和糖尿病的相关性研究结论缺乏一致性。本研究基于 2011 年中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)全国基线数据,探讨了我国社区中老年人肌肉量、肌肉力量以及二者综合评分与糖尿病的相关性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究的数据来源于 CHARLS 基线调查。CHARLS 项目是一项具有全国代表性的、针对中国 45 岁及以上人群的纵向队列调查^[6]。该项目基线调查采用规模比例概率抽样技术于 2011 年至 2012 年开展,共招募了全国 28 个省 150 个县区的 450 个村、社区的 17 708 名参与者。排除标准:(1)年龄<45 岁;(2)缺乏血样标本检测数据;(3)缺乏握力数据;(4)缺乏性别、身高、体质量、腰围或血压等数据;(5)缺乏是否患有糖尿病信息。最终纳入受试者 8 680 例。本研究糖尿病人群指的是空腹血糖(fasting blood glucose, FBG) ≥ 126 mg/dl,或糖化血红蛋白(glycated hemoglobin A1c, HbA1c) $\geq 6.5\%$,或自述既往糖尿病或血糖升高病史。CHARLS 经北京大学生物医学伦理委员会批准(IRB00001052–11015, IRB00001052–11014),并获得所有受试者的知情同意。

1.2 方法

1.2.1 一般资料 本研究所有参与者的年龄、性

别、教育水平、吸烟和饮酒状况、身高、体质量(body mass, BM)和腰围等信息均由训练有素的调查人员通过面对面访谈收集和测量。受教育程度分为小学及以下、中学、大学及以上,吸烟定义为有吸烟史,饮酒定义为过去每月饮酒 1 次以上。计算体质量指数(body mass index, BMI),超重/肥胖定义为 BMI ≥ 24.0 kg/m²;中心型肥胖定义为男性腰围 ≥ 90 cm,女性腰围 ≥ 85 cm。应用欧姆龙电子血压计(TMHEM-7200, 大连, 中国)严格按照操作规范测量 3 次血压,每次间隔 45 s,取平均值。

1.2.2 实验室检查 受试者空腹过夜,于次日清晨采集外周血。应用酶比色法测定 FBG、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)和甘油三酯(triglyceride, TG);层析法测定 HbA1c;比浊法测定 C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)。

1.2.3 肌肉量 肌肉量用四肢骨骼肌肌肉量(appendicular skeletal muscle mass, ASM)表示。ASM 按照在中国成年人中验证过的人体计量方程计算^[7]: $ASM = 0.193 \times \text{体质量} + 0.107 \times \text{身高} - 4.157 \times \text{性别} - 0.037 \times \text{年龄} - 2.631$ 。该公式中,体质量、身高、年龄的单位分别为 kg、cm 以及年,性别中男性=1,女性=2。体质量校正的 ASM 表示为 ASM/BM $\times 100\%$ 。

1.2.4 握力 手部握力(hand grip strength, HGS)用握力计测量。调节握力计和手部的大小相适应,受访者抓住握力计,肘部呈直角,让受访者用最大力气握握力器,保持几秒钟,然后松开。每只手测量 2 次,轮流测量,取测量结果的最大值。体质量校正的 HGS 表示为 HGS/BM。

1.2.5 综合评分 肌肉量根据 ASM/BM 水平进行三分位分组。男性:Q1<32.41%, Q2 32.41%~34.27%, Q3>34.27%;女性:Q1<24.56%, Q2 24.56%~25.65%, Q3>25.65%;Q1、Q2、Q3 分别赋分为 2、1、0 分。握力根据 HGS/BM 水平进行三分位分组。男性:Q1<0.59, Q2 0.59~0.70, Q3>0.70;女性:Q1<0.43, Q2 0.43~0.54, Q3>0.54。Q1、Q2、Q3 分别赋分为 2、1、

0分。肌肉量和握力得分相加即为综合评分。

1.3 统计学处理

采用SPSS 22.0及R 4.2统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用*t*检验;非正态分布的计量资料,用中位数(四分位数间距) $[M(Q_1, Q_3)]$ 表示,采用Mann-Whitney *U*检验。计数资料用例数(百分率)表示,采用 χ^2 检验。采用二元logistic回归探讨社区中老年人发生糖尿病的影响因素,计算OR和95%CI。采用限制性立方样条曲线拟合肌肉量和握力与糖尿病患病风险的关系,并对综合评分与糖尿病患病风险进行亚组分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

本研究共纳入受试者8680例,年龄59(52,65)岁,男性4075例(46.9%),糖尿病患者1461例(16.8%)。与非糖尿病人群相比,糖尿病患者的年龄更大,BMI、腰围、TG、TC、CRP、SBP、DBP水平更高,HDL-C

更低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。比较2组患者的肌肉量和握力,结果发现:糖尿病患者的ASM高于非糖尿病人群,但ASM/BM低于非糖尿病人群;HGS和HGS/BM均低于非糖尿病人群,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$;表1)。

2.2 ASM/BM、HGS/BM与糖尿病患病风险的二元logistic回归分析

分别以ASM/BM、HGS/BM三分位为自变量,以是否为糖尿病(否=0,是=1)为因变量,并调整年龄、性别(男性=1,女性=2)、教育水平(小学及以下=1,中学=2,大学及以上=3)、吸烟(否=0,是=1)、饮酒(否=0,是=1)、BMI($BMI<24\text{ kg/m}^2=0, BMI\geq 24\text{ kg/m}^2=1$)、腰围(非中心型肥胖=0,中心型肥胖=1)、TC、TG、LDL-C、HDL-C、SBP、DBP、CRP(模型3)进行二元logistic回归分析。结果显示:随着ASM/BM、HGS/BM的降低,糖尿病的患病风险逐渐升高($P<0.05$);Q1组的ASM/BM、HGS/BM发生糖尿病的风险分别是Q3组的1.260倍及1.496倍;二者的综合评分分数越高,糖尿病患病风险越高,最高得分是最低得分的1.743倍(表2)。

表1 研究人群临床资料比较

Table 1 Baseline characteristics of enrolled subjects

Item	Total(<i>n</i> = 8 680)	Non-diabetes mellitus group (<i>n</i> = 7 219)	Diabetes mellitus group (<i>n</i> = 1 461)	<i>P</i> value
Age[years, $M(Q_1, Q_3)$]	59(52,65)	58(52,65)	60(54,66)	0.000
Male[<i>n</i> (%)]	4 075(46.9)	3 399(47.1)	676(46.3)	0.569
Education level[<i>n</i> (%)]				0.816
Elementary school or below	6 076(70.0)	5 053(70.0)	1 023(70.0)	
Secondary school	2 488(28.7)	2 067(28.6)	421(28.8)	
College and above	116(1.3)	99(1.4)	17(1.2)	
Smoking[<i>n</i> (%)]	3 426(39.5)	2 858(39.6)	568(38.9)	0.609
Alcohol drinking[<i>n</i> (%)]	2 733(31.5)	2 279(31.6)	454(31.1)	0.710
FBG(mg/dl, $\bar{x}\pm s$)	110.30±37.60	100.03±11.91	161.06±67.83	0.000
TC(mg/dl, $\bar{x}\pm s$)	193.67±39.01	192.16±37.43	201.15±45.31	0.000
TG[mg/dl, $M(Q_1, Q_3)$]	105.31(74.34,153.99)	100.89(72.57,145.14)	135.41(92.04,220.37)	0.000
HDL-C(mg/dl, $\bar{x}\pm s$)	51.15±15.31	52.12±15.02	46.36±15.82	0.000
LDL-C(mg/dl, $\bar{x}\pm s$)	116.57±35.11	114.05±34.05	114.94±39.98	0.082
HbA1c(%, $\bar{x}\pm s$)	5.26±0.81	5.10±0.39	6.09±1.51	0.000
CRP(mg/L, $\bar{x}\pm s$)	1.04(0.55,2.14)	0.96(0.53,2.00)	1.35(0.69,2.87)	0.000
SBP(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	130.65±21.50	129.65±21.34	135.55±21.64	0.000
DBP(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	75.81±12.14	75.46±12.23	77.50±11.54	0.000
BMI(kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)	23.50±3.85	23.28±3.72	24.63±4.23	0.000
WC(cm, $\bar{x}\pm s$)	85.27±10.02	84.54±9.81	88.87±10.25	0.000
ASM(kg, $\bar{x}\pm s$)	17.07±4.17	16.98±4.12	17.54±4.39	0.000
ASM/BM(%, $\bar{x}\pm s$)	28.99±4.46	29.30±4.51	27.49±3.90	0.000
HGS(kg, $\bar{x}\pm s$)	32.66±10.22	32.80±10.16	31.96±10.46	0.005
HGS/BM($\bar{x}\pm s$)	0.56±0.16	0.57±0.16	0.52±0.16	0.000

FBG: fasting blood glucose; TC: total cholesterol; TG: triglyceride; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; HbA1c: glycated hemoglobin A1c; CRP, C-reactive protein; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; BMI: body mass index; WC: waist circumference; ASM: appendicular skeletal muscle mass; BM: body mass; HGS: hand grip strength. 1 mmHg=0.133 kPa.

表 2 ASM/BM、HGS/BM 与糖尿病的二元 logistic 回归分析

Table 2 Binary logistic regression analysis of sex-specific tertiles of ASM/BM and HGS/BM with diabetes mellitus

Variable	Cases of diabetes mellitus /total	Model 1		Model 2		Model 3	
		OR (95%CI)	P value	OR(95%CI)	P value	OR(95%CI)	P value
ASM/BM							
Q3	325/2894	ref.		ref.		ref.	
Q2	473/2893	1.533(1.316,1.785)	0.000	1.295(1.102,1.522)	0.002	1.203(1.018,1.421)	0.030
Q1	663/2893	2.286(1.967,2.656)	0.000	1.508(1.238,1.838)	0.000	1.260(1.025,1.548)	0.028
HGS/BM							
Q3	351/2872	ref.		ref.		ref.	
Q2	454/2941	1.295(1.114,1.505)	0.001	1.109(0.950,1.296)	0.189	1.070(0.912,1.257)	0.405
Q1	656/2867	2.054(1.777,2.375)	0.000	1.541(1.316,1.805)	0.000	1.496(1.270,1.763)	0.000
Composite score(points)							
0	152/1477	ref.		ref.		ref.	
1	218/1866	1.151(0.924,1.433)	0.211	1.078(0.863,1.346)	0.508	0.978(0.778,1.230)	0.849
2	323/2039	1.629(1.324,2.004)	0.000	1.398(1.125,1.738)	0.003	1.289(1.030,1.613)	0.026
3	371/1782	2.270(1.847,2.790)	0.000	1.742(1.381,2.198)	0.000	1.545(1.215,1.964)	0.000
4	397/1516	3.057(2.478,3.772)	0.000	2.103(1.625,2.722)	0.000	1.743(1.333,2.279)	0.000

Model 1, adjusted for age and gender; Model 2, adjusted for age, gender, education level, smoking status, drinking status, BMI, WC; Model 3, adjusted for age, gender, education level, smoking status, drinking status, BMI, WC, SBP, DBP, TC, TG, HDL-C, LDL-C and CRP. ASM: appendicular skeletal muscle mass; BM: body mass; HGS: hand grip strength; BMI: body mass index; WC: waist circumference; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; TC: total cholesterol; TG: triglyceride; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; CRP: C-reactive protein.

2.3 ASM/BM 和 HGS/BM 与糖尿病患病风险的剂量反应关系

限制性立方样条曲线结果显示:在调整模型 3 中的混杂因素后,ASM/BM 和 HGS/BM 均与糖尿病患病风险存在线性剂量反应关系(ASM/BM:非线性 $P=0.138$;HGS/BM:非线性 $P=0.570$)。亚组分析结果显示:在不同性别人群中,结果基本一致(图 1)。

2.4 综合评分与糖尿病患病风险的亚组分析

根据年龄、性别、BMI、腰围进行亚组分析,并调整模型 3 中的混杂因素,结果显示:在各年龄组及各性别人群中,高综合评分均是糖尿病患病的独立危险因素($P<0.05$);在非肥胖人群中,高综合评分显著增加了糖尿病的患病风险($P<0.05$),但在肥胖人群中无统计学差异(图 2)。

3 讨论

本研究结果显示,在我国社区中老年人人群中,肌肉量、肌肉力量与糖尿病患病风险之间存在线性剂量反应关系,即随着肌肉量和肌肉力量的降低,糖尿病的患病风险逐渐升高。在各年龄组及各性别人群,高综合评分均是糖尿病的独立危险因素,在非肥胖人群中作用更为明显。

肌少症是一种增龄相关的肌肉数量减少、肌肉力量下降和(或)躯体功能减退的老年综合征^[8]。随着我国老龄化进程的加剧,肌少症的发病率逐渐升高,成为我国老年人面临的重大健康问题,被报道与胰岛素抵抗、代谢综合征、心血管等多种疾病相关^[9-11]。肌肉量和握力是肌少症的重要组成部分,

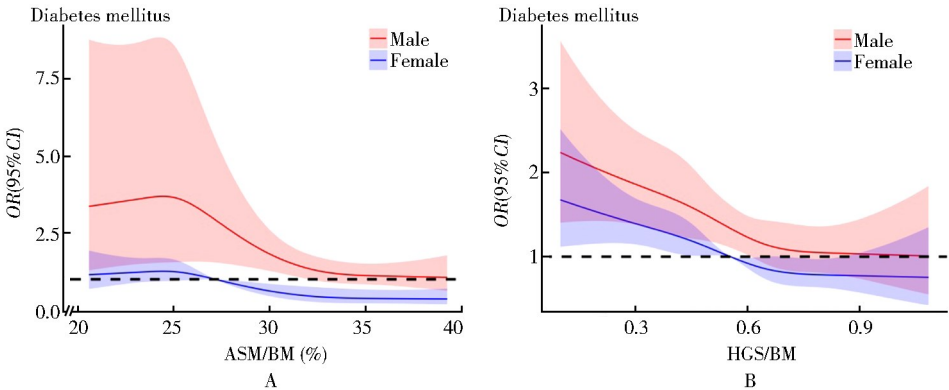


图 1 ASM/BM(A)和 HGS/BM(B)与糖尿病患病风险的剂量反应关系

Figure 1 Dose-response relationship of ASM/BM (A) and HGS/BM (B) with diabetes risk
ASM: appendicular skeletal muscle mass; BM: body mass; HGS: hand grip strength.

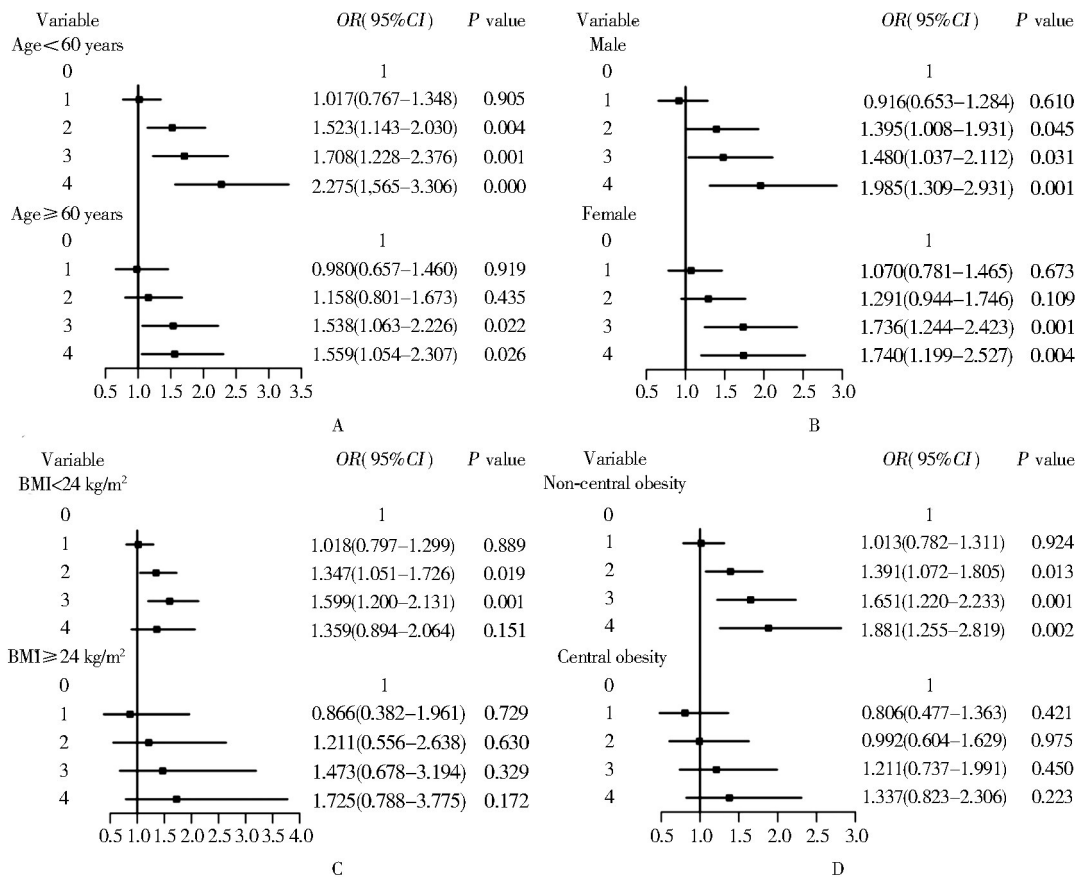


图2 肌肉量和握力的综合评分与糖尿病患病风险的亚组分析

Figure 2 Association between composite scores and diabetes by subgroup analysis

A: age; B: gender; C: body mass index; D: waist circumference.

尽管目前多项研究证实低肌肉量和低握力增加了糖尿病风险^[12-14],但也有研究发现肌肉量和握力与糖尿病之间无明显相关性^[15-17]。在既往各研究之间,肌肉量的测量方法不尽相同。本研究应用既往建立的预测我国人群四肢骨骼肌肌肉量的公式计算肌肉量^[7],结果发现,肌肉量、握力与糖尿病患病风险存在明显负相关。

Chen 等^[18]在一项纳入 3 969 例中老年中国人群的横断面研究中发现,肌肉量在男性人群中与糖尿病的患病风险密切相关。Kim 等^[19]在一项纳入 2 811 例韩国人群的横断面研究中发现,握力与糖尿病患病风险之间的相关性在不同性别人群中无显著性差异。本研究通过限制性立方样条曲线发现:在不同性别人群中,ASM/BM 和 HGS/BM 均与糖尿病患病风险存在线性剂量反应关系,二者的综合评分对糖尿病患病风险的影响在不同性别人群中也基本一致。

肌肉量和肌肉力量均与体型大小有关,一般来说体型越大,肌肉量越多、握力越大。为了排除患者体型的混杂影响,本研究所采取的肌肉量和握力均

通过体质量进行了校对,同时在 logistic 回归模型中调整了 BMI 及腰围。在对 BMI 及腰围进行亚组分析时发现,在非肥胖人群中,高综合评分显著增加了糖尿病的患病风险,但在肥胖人群中无统计学差异。针对韩国成年人的横断面研究亦有类似发现,即只在非肥胖人群中,肌肉量减少、握力较低与糖尿病高患病率相关^[20,21]。众所周知,肥胖是糖尿病患病的重要影响因素,因此,据本研究推测,可能是肥胖削弱了低肌肉量及低肌肉力量对糖尿病患病风险的影响。

本研究的数据来源于 CHARLS 公共数据库,具有较好的全国代表性。但仍存在一定的局限性。(1)本研究中糖尿病的患病率偏高,究其原因,考虑是由于空腹血糖和 HbA1c 均只测量 1 次,而糖尿病的确诊依赖于复查的结果,特别是对于没有临床体征或症状的个体。因此,在一定程度上高估了糖尿病的患病率。(2)本研究为横断面研究,接下来应进一步分析纵向随访数据,明确肌肉量、握力的下降与糖尿病患病的因果关系。

综上,在社区老年人群中,肌肉量、肌肉力量是

糖尿病患病风险的重要影响因素,呈线性剂量反应关系,二者的综合评分越高,糖尿病患病风险越高,尤其在非肥胖人群中作用更为显著。在评估肌少症受限的社区人群中,由常规变量计算所得的肌肉量和握力的综合评分提供了一种相对简便的方法,但其与糖尿病风险的因果关系仍需前瞻性研究进一步验证。

【参考文献】

[1] Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, *et al.* Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9(th) edition[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2019, 157: 107843. DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107843.

[2] Li Y, Teng D, Shi X, *et al.* Prevalence of diabetes recorded in mainland China using 2018 diagnostic criteria from the American Diabetes Association: national cross sectional study[J]. *BMJ*, 2020, 369: m997. DOI: 10.1136/bmj.m997.

[3] Merz KE, Thurmond DC. Role of skeletal muscle in insulin resistance and glucose uptake[J]. *Compr Physiol*, 2020, 10(3): 785–809. DOI: 10.1002/cphy.c190029.

[4] Mizgier ML, Casas M, Contreras-Ferrat A, *et al.* Potential role of skeletal muscle glucose metabolism on the regulation of insulin secretion[J]. *Obes Rev*, 2014, 15(7): 587–597. DOI: 10.1111/obr.12166.

[5] 刘娟, 丁清清, 周白瑜, 等. 中国老年人肌少症诊疗专家共识 (2021) [J]. *中华老年医学杂志*, 2021, 40(8): 943–952. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2021.08.001.

[6] Zhao Y, Hu Y, Smith JP, *et al.* Cohort profile: the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) [J]. *Int J Epidemiol*, 2014, 43(1): 61–68. DOI: 10.1093/ije/dys203.

[7] Wen X, Wang M, Jiang CM, *et al.* Anthropometric equation for estimation of appendicular skeletal muscle mass in Chinese adults[J]. *Asia Pac J Clin Nutr*, 2011, 20(4): 551–556.

[8] Chen LK, Woo J, Assantachai P, *et al.* Asian Working Group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(3): 300–307. e302. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.12.012.

[9] Gao K, Cao LF, Ma WZ, *et al.* Association between sarcopenia and cardiovascular disease among middle-aged and older adults: findings from the China health and retirement longitudinal study[J]. *EclinicalMedicine*, 2022, 44: 101264. DOI: 10.1016/j.eclinm.2021.101264.

[10] Nishikawa H, Asai A, Fukunishi S, *et al.* Metabolic syndrome and sarcopenia[J]. *Nutrients*, 2021, 13(10): 3519. DOI: 10.3390/nu13103519.

[11] Cleasby ME, Jamieson PM, Atherton PJ. Insulin resistance and sarcopenia: mechanistic links between common comorbidities[J]. *J Endocrinol*, 2016, 229(2): R67–R81. DOI: 10.1530/joe-15-0533.

[12] Son JW, Lee SS, Kim SR, *et al.* Low muscle mass and risk of type 2 diabetes in middle-aged and older adults: findings from the KoGES[J]. *Diabetologia*, 2017, 60(5): 865–872. DOI: 10.1007/s00125-016-4196-9.

[13] Boonpor J, Parra-Soto S, Petermann-Rocha F, *et al.* Associations between grip strength and incident type 2 diabetes: findings from the UK Biobank prospective cohort study[J]. *BMJ Open Diabetes Res Care*, 2021, 9(1): e001865. DOI: 10.1136/bmjdr-2020-001865.

[14] Hong S, Chang Y, Jung HS, *et al.* Relative muscle mass and the risk of incident type 2 diabetes: a cohort study[J]. *PLoS One*, 2017, 12(11): e0188650. DOI:10.1371/journal.pone.0188650.

[15] Larsen BA, Wassel CL, Kritchevsky SB, *et al.* Association of muscle mass, area, and strength with incident diabetes in older adults: the Health ABC Study[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2016, 101(4): 1847–1855. DOI: 10.1210/jc.2015-3643.

[16] Marques-Vidal P, Vollenweider P, Waeber G, *et al.* Grip strength is not associated with incident type 2 diabetes mellitus in healthy adults: the CoLaus study[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2017, 132: 144–148. DOI: 10.1016/j.diabres.2017.08.004.

[17] Song P, Han P, Zhao Y, *et al.* Muscle mass rather than muscle strength or physical performance is associated with metabolic syndrome in community-dwelling older Chinese adults[J]. *BMC Geriatr*, 2021, 21(1): 191. DOI: 10.1186/s12877-021-02143-8.

[18] Chen LY, Xia MF, Wu L, *et al.* Skeletal muscle loss is associated with diabetes in middle-aged and older Chinese men without non-alcoholic fatty liver disease[J]. *World J Diabetes*, 2021, 12(12): 2119–2129. DOI: 10.4239/wjcd.v12.i12.2119.

[19] Kim GH, Song BK, Kim JW, *et al.* Associations between relative grip strength and type 2 diabetes mellitus: the Yangpyeong cohort of the Korean genome and epidemiology study[J]. *PLoS One*, 2021, 16(8): e0256550. DOI: 10.1371/journal.pone.0256550.

[20] Moon SS. Low skeletal muscle mass is associated with insulin resistance, diabetes, and metabolic syndrome in the Korean population: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2009–2010 [J]. *Endocr J*, 2014, 61(1): 61–70. DOI: 10.1507/endocrj.ej13-0244.

[21] Koo BK. The differential association between muscle strength and diabetes mellitus according to the presence or absence of obesity[J]. *J Obes Metab Syndr*, 2019, 28(1): 46–52. DOI: 10.7570/jomes.2019.28.1.46.

(编辑: 温玲玲)