

中国 45 岁及以上中老年人群握力与高血压的关联研究

陈海燕¹, 张 豪¹, 徐建敏¹, 许聪辉¹, 郝 光²

(1. 广州市疾病预防控制中心, 广东省广州市 510440; 2. 暨南大学基础医学院流行病学教研室, 广东省广州市 510632)

[关键词] 中老年人群; 高血压; 握力; 队列研究

[摘要] **目的** 探讨中国 45 岁及以上中老年人群握力与高血压发病风险之间的关联, 为高血压预防干预策略的制定提供科学依据。**方法** 数据来源于中国健康与养老追踪研究。采用多因素 Logistic 回归或多元线性回归分析握力与高血压及血压水平之间的关联。握力指标选用相对最大握力(最大握力/体质指数), 并根据其三分位数分为低、中、高三组。**结果** 共纳入 5 876 例研究对象, 随访 3.85 年后, 人群高血压的发病率为 19.11%。随着握力水平降低, 高血压的发病呈上升趋势($P_{\text{trend}} < 0.05$)。多因素 Logistic 回归模型显示, 在调整一般人口学、生活方式、健康状况等因素后, 握力与高血压发病风险呈负相关。男女性高握力组高血压的发病风险比低握力组分别低 46% (RR: 0.54, 95% CI: 0.34 ~ 0.84, $P < 0.01$) 和 59% (RR: 0.41, 95% CI: 0.26 ~ 0.67, $P < 0.01$)。调整其他协变量后, 男性基线高握力组收缩压及舒张压水平较最低握力组低 3.03 mmHg 及 1.33 mmHg ($P < 0.05$), 女性基线高握力组收缩压和舒张压水平较最低握力组低 4.48 mmHg 及 1.92 mmHg ($P < 0.05$)。**结论** 中国中老年人群基线握力水平与高血压的发病风险呈负相关, 提示握力水平可能作为高血压的预测因子。

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

Association of handgrip strength with risk of hypertension in the middle-aged and elderly population in China

CHEN Haiyan¹, ZHANG Hao¹, XU Jianmin¹, XU Conghui¹, HAO Guang²

(1. Guangzhou Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou, Guangdong 510440, China; 2. Department of Epidemiology, School of Medicine, Jinan University, Guangzhou, Guangdong 510632, China)

[KEY WORDS] middle-aged and elderly population; hypertension; handgrip strength; cohort study

[ABSTRACT] **Aim** To investigate the longitudinal association between handgrip strength and risk of hypertension in the middle-aged and elderly population in China. **Methods** The participants aged 45 years and older were selected from the China health and retirement longitudinal study (CHARLS). Multivariate Logistic regression models or linear regression models were used to analyze the associations of handgrip strength with hypertension and blood pressure. In the primary analysis, the relative maximum handgrip strength (maximum handgrip strength/body mass index) was divided into three groups according to the tertiles. **Results** A total of 5 876 subjects were included in this study. After an average follow-up of 3.85 years, the incidence of hypertension was 19.11%. The incidence of hypertension was increased with the decreasing of handgrip strength ($P_{\text{trend}} < 0.05$). The multivariate Logistic regression model showed that relative handgrip strength was negatively associated with the risk of hypertension after adjusting for general demographic, lifestyle, health status and other factors. The risk of hypertension in the high relative handgrip strength group was 46% (RR: 0.54, 95% CI: 0.34 ~ 0.84, $P < 0.01$) and 59% (RR: 0.41, 95% CI: 0.26 ~ 0.67, $P < 0.01$) lower than that in the low relative grip strength group for men and women, respectively. The systolic and diastolic blood pressure levels in high relative handgrip strength group were 3.03 mmHg and 1.33 mmHg ($P < 0.05$) lower than those in the low relative handgrip strength group for men, and were 4.48 mmHg and 1.92 mmHg ($P < 0.05$) lower than those in the low relative handgrip strength group for women. **Conclusions** The handgrip strength was longitudinally associated with the high risk of hypertension in middle-aged and elderly population. It suggested that handgrip strength may be a predictor of hypertension.

[收稿日期] 2020-08-19

[修回日期] 2020-10-03

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金(82003521);暨南大学科研培育与创新基金项目(11619332)

[作者简介] 陈海燕, 硕士研究生, 医师, 研究方向为疾病预防控制, E-mail 为 chenhy2020@hotmail.com。通信作者郝光, 博士, 副教授, 研究方向为心血管疾病流行病学, E-mail 为 haoguang2015@hotmail.com。

心血管疾病已经成为导致中国居民死亡的主要原因之一^[1]。随着中国经济的高速发展,人们生活方式的改变,中国居民的心血管疾病患病率呈现持续上升趋势^[2-3]。有研究估计,2012—2030 年由心血管疾病导致的经济损失将达到 7.8 万亿美元^[4]。高血压是心血管疾病重要的危险因素,全球范围内导致 50% 的心血管疾病死亡^[5]。中国是高血压相关疾病负担最重的国家之一,其患病率在中国成年人中已经达到 23.2%^[6]。有效控制血压对预防心血管疾病的发生及降低高血压相关疾病负担具有重要意义。

肌肉质量与心血管疾病的发生和死亡密切相关^[7]。握力是衡量肌肉质量简单可靠的指标^[8-9],可能作为高血压的早期预测因子。目前关于握力与高血压之间的研究多为横断面研究,且在中国人群的相关研究较少。因此本研究通过分析中国健康与养老追踪研究(China health and retirement longitudinal study, CHARLS)数据探索握力与高血压的关系,为中国高血压预防干预策略的制定提供科学依据。

1 资料和方法

1.1 资料来源

本研究数据来自于中国健康与养老追踪调查项目。该项目于 2011 年从全国 28 个省市随机选取 45 岁以上研究对象及配偶进行调查,随后每两年随访一次。有关项目的详细介绍参见文献^[10-11]。本研究使用 CHARLS 项目中 2011、2013 及 2015 年调查数据,选择至少参加 2 次调查并有完整问卷信息的研究对象纳入本次分析。调查对象首次进入队列的握力测量作为基线,剔除基线握力缺失、已经患有高血压者等 2 994 例,最终纳入 5 876 例调查对象进行分析。结局变量高血压的诊断来源于最后一次随访。

1.2 研究方法

由经过统一培训的调查员对研究对象进行问卷调查、体格检查。问卷调查包括一般人口学信息、行为生活方式、疾病史等。体格检查包括身高、体质量、血压、握力等指标。身高测量时,嘱调查对象赤足,以立正姿势站在身高计的底板上,后背靠在测量仪的垂直背板上,上肢自然下垂;体质量测量时,同样要求调查对象赤足完成。根据身高、体质量计算体质指数(body mass index, BMI)。血压测量采用欧姆龙血压计(HEM-7200)。测量时调查

对象坐位,并保持安静放松,使左上臂和心脏同一高度进行测量。每位调查对象完成 3 次血压测量,并将 3 次血压的平均值作为该个体的最终血压。握力测量时,调查对象站立,肘部呈直角,用力抓住握力计,保持几秒,读取握力值。分别测量调查对象左、右手握力各 2 次并计算均值。取左右手最大握力值作为该调查对象的绝对握力水平。本研究分析选用相对指标,即采用 BMI 调整的最大握力(相对最大握力=最大握力/BMI)进行分析,并根据其三分位数(低、中、高)分为三组。本研究中男性相对最大握力三分位切点为 1.55、1.87,女性相对最大握力三分位切点为 0.99、1.25。

1.3 定义和诊断标准

高血压定义为收缩压 ≥ 140 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa),和/或舒张压 ≥ 90 mmHg,或服用抗高血压药物。吸烟为每天吸烟一支以上且现在吸烟;戒烟指过去每天吸烟一支以上,但现在不吸烟;饮酒指研究对象过去一年里一个月至少饮酒 1 次;戒酒指过去饮酒但最近一年不饮酒。体育锻炼定义为每周至少进行 3 次,每次至少 10 min 以上中或重度体育锻炼。已婚定义为已婚(包括没有领结婚证但自称结婚者)并与配偶一同居住。慢性疾病定义为自报患有血脂异常、糖尿病、癌症或恶性肿瘤(不含小皮肤癌)、慢性肺部疾病(肿瘤或癌症除外)、肝脏疾病(除了脂肪肝疾病、肿瘤或癌症)、心血管疾病(包括心脏病、冠心病、心绞痛、充血性心力衰竭或其他心脏问题)、脑卒中、肾脏疾病(癌症或肿瘤除外)、胃或其他胃肠疾病(肿瘤或癌症除外)、关节炎或哮喘。

1.4 统计学分析

连续性变量采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间均数比较采用 t 检验;分类变量采用百分比表示,组间率的比较采用 χ^2 检验。相对最大握力三分位分组与高血压发病风险的关联采用 Logistic 回归(握力采用三分位数)。相对最大握力三分位分组与血压水平的关系采用多元线性回归分析。采用 Stata14 软件进行统计学分析。双侧 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

本研究共纳入 5 876 例调查对象,其中女性 3 077 例,男性 2 799 例,平均年龄(57.91 ± 8.53)岁。相对最大握力(1.40 ± 0.47),相对平均握力($1.34 \pm$

0.45)。除体育锻炼外,年龄、受教育程度、婚姻状况、BMI、吸烟、饮酒、慢性疾病、收缩压、舒张压、相对最大握力及相对平均握力在不同性别间差异有统计学意义($P<0.05$,表1)。

表 1. 研究对象基线特征
Table 1. Baseline characteristics of participants

参数	男性($n=2\,799$)	女性($n=3\,077$)	合计($n=5\,876$)	χ^2/t 值	P 值
年龄/岁	58.94±8.63	56.98±8.34	57.91±8.53	8.89	<0.01
45~54岁/[例(%)]	1 006(35.94)	1 358(44.13)	2 364(40.23)		
55~59岁/[例(%)]	1 136(40.59)	1 194(38.8)	2 330(39.65)	55.57	<0.01
≥60岁/[例(%)]	657(23.47)	525(17.06)	1 182(20.12)		
高中及以上/[例(%)]	399(14.26)	223(7.25)	622(10.59)	76.05	<0.01
婚姻状态已婚/[例(%)]	2 587(92.43)	2 735(88.89)	5 322(90.57)	21.52	<0.01
BMI/(kg/m ²)	22.57±3.40	23.67±3.83	23.14±3.67	-11.63	<0.01
吸烟/[例(%)]				2 654.45	<0.01
从不	726(25.94)	2 823(91.75)	3 549(60.40)		
戒烟	430(15.36)	62(2.01)	492(8.37)		
现在吸烟	1 643(58.70)	192(6.24)	1 835(31.23)		
饮酒/[例(%)]				1 322.70	<0.01
从不	1 312(46.87)	2 784(90.48)	4 096(69.71)		
戒酒	264(9.43)	69(2.24)	333(5.67)		
现在饮酒	1 223(43.69)	224(7.28)	1 447(24.63)		
体育锻炼/[例(%)]	783(27.97)	905(29.41)	1 688(28.73)	1.48	0.22
慢性疾病/[例(%)]	1 744(62.31)	2 005(65.16)	3 749(63.8)	5.17	0.02
收缩压/mmHg	120.09±11.49	118.81±11.59	119.42±11.56	4.25	<0.01
舒张压/mmHg	71.27±9.18	70.76±8.7	71.00±8.94	2.17	0.03
最大握力/kg	38.11±9.18	26.23±6.96	31.89±10.03	56.17	<0.01
相对最大握力	1.71±0.42	1.13±0.32	1.40±0.47	59.91	<0.01
相对平均握力	1.63±0.40	1.07±0.31	1.34±0.45	60.96	<0.01

2.2 握力和高血压发病的关联

随访(3.85±2.33)年后,人群高血压的发病率为19.11%(1 123/5 876)。随着相对最大握力三分位水平降低,高血压的发病率呈上升趋势($P_{\text{trend}}<0.05$)。男性低、中、高相对最大握力组高血压的发病率分别为23.15%、23.47%、15.54%,女性为21.93%、18.32%、12.68%(图1)。

在分析握力与高血压发病关联的Logistic回归模型中,我们调整了年龄、性别等协变量,同时加入了性别和握力的交互项,结果表明性别和握力对高血压的影响具有交互作用($P<0.05$)。因此,我们进行了性别分层分析。调整年龄、受教育程度、婚姻状况(已婚)、吸烟、饮酒、体育锻炼及慢性疾病后,基线握力水平与高血压的发病风险呈负相关。男女性基线相对最大握力最高三分位组高血压发病风险较相对最大握力最低三分位组分别低46%

(RR:0.54,95%CI:0.34~0.84, $P<0.01$)和59%(RR:0.41,95%CI:0.26~0.67, $P<0.01$)(表2)。

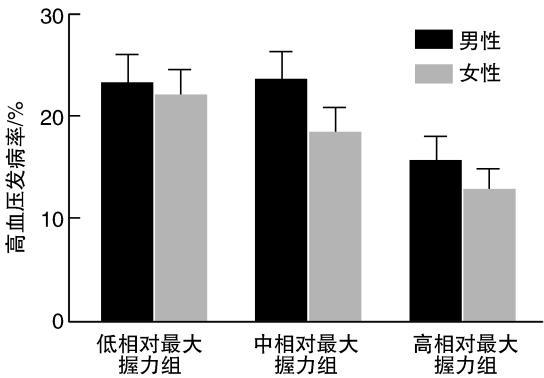


图 1. 不同相对最大握力组高血压的发病情况
Figure 1. Incidence of hypertension in groups with different handgrip strength

表 2. 中老年人相对最大握力和高血压发生风险的关联研究
Table 2. The association between relative maximum handgrip strength and the risk of hypertension in middle-aged and elderly population

因素	男性		女性	
	RR(95% CI)	P 值	RR(95% CI)	P 值
相对最大握力三分位				
低	Ref.		Ref.	
中	1.13(0.78 ~ 1.64)	0.53	0.86(0.56 ~ 1.30)	0.47
高	0.54(0.34 ~ 0.84)	<0.01	0.41(0.26 ~ 0.67)	<0.01
年龄				
45 ~ 54 岁	Ref.		Ref.	
55 ~ 59 岁	1.58(1.06 ~ 2.35)	0.02	1.22(0.82 ~ 1.82)	0.33
≥60 岁	1.99(1.22 ~ 3.23)	0.01	4.30(2.30 ~ 8.03)	<0.01
高中及以上教育程度	1.32(0.83 ~ 2.08)	0.24	1.02(0.51 ~ 2.04)	0.95
婚姻状态(已婚)	0.63(0.35 ~ 1.13)	0.12	0.59(0.34 ~ 1.03)	0.06
吸烟				
从不	Ref.		Ref.	
戒烟	1.39(0.84 ~ 2.29)	0.20	0.72(0.21 ~ 2.44)	0.59
现在吸烟	0.86(0.59 ~ 1.24)	0.42	0.52(0.24 ~ 1.11)	0.09
饮酒				
从不	Ref.		Ref.	
戒酒	1.23(0.71 ~ 2.14)	0.46	2.10(0.72 ~ 6.12)	0.18
现在饮酒	1.67(1.16 ~ 2.41)	0.01	0.69(0.35 ~ 1.38)	0.29
体育锻炼	0.86(0.61 ~ 1.23)	0.41	0.87(0.59 ~ 1.28)	0.49
慢性疾病	1.39(0.98 ~ 1.95)	0.06	1.64(1.11 ~ 2.43)	0.01

2.3 握力和血压水平的关联

剔除 113 位服用降压药的调查对象后,多元线性回归分析显示,研究人群收缩压及舒张压随着相对最大握力三分位水平的升高而降低($P_{\text{trend}} < 0.05$)。男性基线相对最大握力最高三分位组收缩压和舒张压水平较相对最大握力最低三分位组低 3.03 mmHg 及 1.33 mmHg($P < 0.05$,表 3);女性基线相对最大握力中、高三分位组收缩压水平较最低三分位组低 2.81 mmHg 及 4.48 mmHg($P < 0.05$),舒张压水平低 1.06 mmHg 及 1.92 mmHg($P < 0.05$;表 4)。

3 讨论

国内外多项研究对握力和高血压的关联进行了横断面分析,结论不尽一致。天津一项纳入 17 703 例中老年人人群的横断面调查^[12],分析发现随着相对握力水平(握力/体质量)四分位分组的递减,高血压的患病风险显著增加。英国一项纳入 2 677 例 59 ~ 73 岁调查对象的横断面研究发现^[13],

握力每降低一个标准差,高血压患病风险增加 13%。Peterson 等^[14]使用 2011—2014 年美国健康与营养调查项目(NHANES)及 2011 年中国 CHARLS 项目中的中老年调查对象数据进行了横断面分析,发现相对握力(握力/体质量)每降低 0.05,美国人群的高血压患病风险增加 19%,而中国人群增加 10%。Lawman 等^[15]进一步分析了 2011—2012 年 NHANES 研究中 20 岁及以上调查对象的数据,同样发现握力与收缩压呈负相关。然而,Mallah 等^[16]对江苏农村地区 11 151 例成人进行横断面分析,发现女性中握力与舒张压呈正相关。日本一项包括 742 例男性和 937 例女性的横断面研究仅在女性中发现相对握力(握力/体质量)与高血压呈负相关^[17]。中国广东一项纳入 1 152 例中老年人人群的横断面研究^[18]发现女性中随着握力的增加,高血压患病风险降低,而男性中则未观察到类似关联。本研究利用 CHARLS 项目数据前瞻性分析了中国中老年人握力与高血压之间的关系,结果发现基线相对握力水平与高血压的发病风险呈负相关,同时握力水平对女性高血压的影响可能更大。

表 3. 中老年男性人群相对最大握力与血压水平的关联分析

Table 3. The association of relative maximum handgrip strength and blood pressure in middle-aged and elderly men

因素	收缩压		舒张压	
	β (SE)	P 值	β (SE)	P 值
相对最大握力三分位				
低	Ref.		Ref.	
中	1.25 (0.97)	0.20	0.09 (0.51)	0.86
高	-3.03 (1.01)	<0.01	-1.33 (0.53)	0.01
年龄				
45 ~ 54 岁	Ref.		Ref.	
55 ~ 59 岁	1.49 (0.92)	0.10	-1.32 (0.48)	<0.01
≥60 岁	3.79 (1.11)	<0.01	-4.94 (0.58)	<0.01
高中及以上教育程度	-0.03 (1.14)	0.98	0.66 (0.6)	0.27
婚姻状态 (已婚)	-3.07 (1.49)	0.04	-1.62 (0.78)	0.04
吸烟				
从不	Ref.		Ref.	
戒烟	0.31 (1.28)	0.81	0.16 (0.67)	0.81
现在吸烟	-1.09 (0.93)	0.24	-0.99 (0.49)	0.04
饮酒				
从不	Ref.		Ref.	
戒酒	1.54 (1.42)	0.28	-0.11 (0.74)	0.88
现在饮酒	3.74 (0.83)	<0.01	2.22 (0.44)	<0.01
体育锻炼	-0.6 (0.87)	0.49	-0.24 (0.46)	0.60
慢性疾病	-0.78 (0.81)	0.34	-0.01 (0.43)	0.98

表 4. 中老年女性人群相对最大握力与血压水平的关联分析

Table 4. The association of relative maximum handgrip strength and blood pressure in middle-aged and elderly women

因素	收缩压		舒张压	
	β (SE)	P 值	β (SE)	P 值
相对最大握力三分位				
低	Ref.		Ref.	
中	-2.81 (1.11)	0.01	-1.06 (0.46)	0.02
高	-4.48 (1.15)	<0.01	-1.92 (0.47)	<0.01
年龄				
45 ~ 54 岁	Ref.		Ref.	
55 ~ 59 岁	3.48 (1.04)	<0.01	-1.64 (0.42)	<0.01
≥60 岁	9.59 (1.45)	<0.01	-2.78 (0.58)	<0.01
高中及以上教育程度	-1.62 (1.82)	0.37	0.35 (0.73)	0.63
婚姻状态 (已婚)	-4.66 (1.56)	<0.01	0.73 (0.63)	0.25
吸烟				
从不	Ref.		Ref.	
戒烟	-4.42 (3.06)	0.15	-0.33 (1.33)	0.81
现在吸烟	-3.82 (1.71)	0.03	-1.6 (0.76)	0.04
饮酒				
从不	Ref.		Ref.	
戒酒	2.39 (2.9)	0.41	2.13 (1.25)	0.09
现在饮酒	-3.33 (1.76)	0.06	-0.66 (0.72)	0.36
体育锻炼	-1.21 (1.02)	0.23	-0.46 (0.41)	0.26
慢性疾病	0.63 (0.97)	0.52	0.15 (0.39)	0.70

握力是反应肌肉质量的一个测量指标,但机制仍然未被完全阐明。有研究表明锻炼可以下调肌肉生长抑制素水平,增加肌肉质量。英国一项纳入了 22 591 例男性和 27 845 例女性作为调查对象的横断面研究分析发现,高血压患者的肌肉比例低于血压正常人群^[19]。肌肉质量增加可促进葡萄糖代谢,改善糖耐量水平,降低机体液体摄入量,减轻肾脏负荷,改善 NOX4 介导的氧化应激,保护肾脏功能,进而改善血压水平^[20]。英国一项临床试验^[21]研究者将 10 例高血压患者进行 6 周的等距运动,与干预前相比,研究对象静息时全血谷胱甘肽与氧化谷胱甘肽的比值升高、锻炼所致的 ROS 产生降低。此外,等距运动还可增加血管对一氧化氮的利用度而改善氧化应激反应,通过改善心脏和血管的自主调节系统进而降低血压^[22]。

本研究数据来自 CHARLS 项目,数据质量可靠,研究人群样本量较大,并采用前瞻性研究设计,具有较强的论证强度。但仍然有一些局限性,比如研究人群随访年限较短,平均随访年限只有 3.85 年;另外本研究未能排除膳食、遗传等相关因素的影响。

综上所述,本研究发现中国中老年人基线相对握力水平与高血压的发病风险呈负相关,提示握力水平可能作为高血压的预测因子。本研究结果需要进一步验证。

[参考文献]

- [1] 马丽媛, 吴亚哲, 陈伟伟. 《中国心血管病报告 2018》要点介绍[J]. 中华高血压杂志, 2019, 27(8): 712-716.
- [2] DONG Z, JING L, MIAO W, et al. Epidemiology of cardiovascular disease in China: current features and implications[J]. Nat Rev Cardiol, 2019, 16(4): 203-212.
- [3] 王丽敏, 陈志华, 张梅, 等. 中国老年人群慢性病患病状况和疾病负担研究[J]. 中华流行病学杂志, 2019, 40(3): 277-283.
- [4] BLOOM D E, CAFIERO-FONSECA C, McGovern M E, et al. The macroeconomic impact of non-communicable diseases in China and India: estimates, projections, and comparisons[J]. J Economics Aging, 2014, 4: 100-111.
- [5] DU X, PATEL A, ANDERSON C S, et al. Epidemiology of cardiovascular disease in China and opportunities for improvement: JACC international[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(24): 3135-3147.
- [6] WANG Z W, CHEN Z, ZHANG L F, et al. Status of hypertension in China results from the China hypertension survey, 2012—2015[J]. Circulation, 2018, 137(22): 2344-2356.
- [7] RAMÍREZ-VÉLEZ R, CORREA-BAUTISTA J E, LOBELO F, et al. High muscular fitness has a powerful protective cardiometabolic effect in adults: influence of weight status[J]. BMC Public Health, 2016, 16(1): 1012.
- [8] LEONG D P, TEO K K, RANGARAJAN S, et al. Reference ranges of handgrip strength from 125,462 healthy adults in 21 countries: a prospective urban rural epidemiologic (PURE) study[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2016, 7(5): 535-546.
- [9] NORMAN K, STOBÆUS N, CRISTINA GONZALEZ M, et al. Hand grip strength: outcome predictor and marker of nutritional status[J]. Clin Nutr, 2011, 30(2): 135-142.
- [10] ZHAO Y H, HU Y S, SMITH J P, et al. Cohort profile: the China health and retirement longitudinal study (CHARLS)[J]. Int J Epidemiol, 2014, 43(1): 61-68.
- [11] 李正禹, 武继磊, 李佳佳, 等. 慢性病对中国 65 岁及以上老年人日常活动能力影响的队列研究[J]. 中华流行病学杂志, 2019, 40(1): 33-40.
- [12] WU H, LIU M, CHI V T Q, et al. Handgrip strength is inversely associated with metabolic syndrome and its separate components in middle aged and older adults: a large-scale population-based study[J]. Metabolism, 2019, 93: 61-67.
- [13] SAYER A A, SYDDALL H E, DENNISON E M, et al. Grip strength and the metabolic syndrome: findings from the Hertfordshire Cohort Study[J]. QJM, 2007, 100(11): 707-713.
- [14] PETERSON M D, DUCHOWNY K, MENG Q, et al. Low normalized grip strength is a biomarker for cardiometabolic disease and physical disabilities among U. S. and Chinese adults[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2017, 72(11): 1525-1531.
- [15] LAWMAN H G, TROIANO R P, PERNA F M, et al. Associations of relative handgrip strength and cardiovascular disease biomarkers in U. S. adults, 2011—2012[J]. Am J Prev Med, 2016, 50(6): 677-683.
- [16] MALLAH M, LIU M, LIU Y, et al. Association of handgrip strength with the prevalence of hypertension in a Chinese Han population[J]. Chronic Dis Transl Med, 2019, 5(2): 113-121.
- [17] KAWAMOTO R, NINOMIYA D, KASAI Y, et al. Handgrip strength is associated with metabolic syndrome among middle-aged and elderly community-dwelling persons[J]. Clin Exp Hypertens, 2016, 38(2): 245-251.
- [18] ZHANG X, HUANG L, PENG X, et al. Association of handgrip strength with hypertension among middle-aged and elderly people in Southern China: a cross-sectional study[J]. Clin Exp Hypertens, 2020, 42(2): 190-196.
- [19] HAN T S, AL-GINDAN Y Y, GOVAN L, et al. Associations of body fat and skeletal muscle with hypertension[J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2019, 21(2): 230-238.
- [20] BUTCHER J T, MINTZ J D, LARION S, et al. Increased muscle mass protects against hypertension and renal injury in obesity[J]. J Am Heart Assoc, 2018, 7(16): e009358.
- [21] PETERS P G, ALESSIO H M, HAGERMAN A E, et al. Short-term isometric exercise reduces systolic blood pressure in hypertensive adults: possible role of reactive oxygen species[J]. Int J Cardiol, 2006, 110(2): 199-205.
- [22] MILLAR P J, MCGOWAN C L, CORNELISSEN V A, et al. Evidence for the role of isometric exercise training in reducing blood pressure: potential mechanisms and future directions[J]. Sports Med, 2014, 44(3): 345-356.

(此文编辑 许雪梅)