



[DOI] 10.3969/j.issn.1001-9057.2021.01.011

http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2021.01.011

· 论著 ·

中青年肥胖患者下肢肌肉率与代谢综合征的相关性分析

仲颖 毕艳 王静 朱大龙 张露 冯文焕

【摘要】 目的 探讨中青年肥胖患者下肢肌肉率与代谢综合征(MS)的关系。**方法** 纳入就诊于我院的中青年肥胖患者 282 例,按是否合并 MS 分为 MS 组(144 例)和非 MS 组(138 例),比较两组患者的一般情况、代谢指标和人体成分指标,分析下肢肌肉率与 MS 的关系。**结果** 纳入患者中,51.1% 合并 MS(144/282)。MS 组患者的空腹血糖(FPG)、口服葡萄糖耐量试验 2 h 血糖(2h PG)、胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)、糖化血红蛋白(HbA1c)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、腰围(WC)、腰臀比(WHR)、体脂率、躯干脂肪率均明显高于非 MS 组,高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、四肢肌肉率、下肢肌肉率明显低于非 MS 组($P < 0.05$)。校正年龄、性别、BMI、HOMA-IR 和脂肪肝后,发现低水平下肢肌肉率仍是 MS 的独立危险因素($P < 0.05$)。Spearman 相关分析结果显示,下肢肌肉率与 2h PG、HOMA-IR、WC、内脏脂肪面积(VFA)、体脂率、久坐时间呈负相关,与基础代谢率(BMR)、体力活动呈正相关($P < 0.05$)。**结论** 合并 MS 的中青年肥胖患者下肢肌肉率相对较低,下肢肌肉率减低为其伴发 MS 的危险因素,与体力活动减少及久坐时间延长相关。

【关键词】 肥胖; 代谢综合征; 下肢肌肉率; 中青年

【中图分类号】 R589.9

【文献标识码】 A

Relationship between leg muscle rate and metabolic syndrome in young and middle-aged obese patients Zhong Ying, Bi Yan, Wang Jing, Zhu Dalong, Zhang Lu, Feng Wenhuan. Department of Endocrinology, Nanjing Drum Tower Hospital Affiliated to Medical School of Nanjing University, Nanjing 210008, China

【Abstract】 Objective To evaluate the relationship between leg muscle rate and metabolic syndrome(MS) in young and middle-aged obese patients. **Methods** A total of 282 young and middle-aged obese patients in our hospital were divided into MS group ($n = 144$) and non-MS group ($n = 138$) according to whether combined MS. General conditions, metabolic indicators and body composition were analyzed to clarify the relationship between leg muscle and MS. **Results** The prevalence of MS in the present study was 51.1% (144/282). Patients in the MS group had higher serum fasting plasma glucose (FPG), 2 h plasma glucose (2h PG) in oral glucose tolerance test, insulin resistance index (HOMA-IR), glycated hemoglobin (HbA1c), triglyceride (TG), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), waist circumference (WC), waist-to-hip ratio (WHR), body fat rate and trunk fat rate, but lower serum high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), limb muscle rate and leg muscle rate ($P < 0.05$). Correct mixed factors such as age, sex, BMI, HOMA-IR, fatty liver, we found the low level of leg muscle rate remained an independent risk factor for MS ($P < 0.05$). Spearman correlation analysis showed that leg muscle rate was negatively correlated with WC, 2h PG, HOMA-IR, visceral fat area (VFA), body fat rate and sedentary time, while was positively correlated with basal metabolic rate (BMR) and physical activity ($P < 0.05$). **Conclusion** The level of leg muscle rate in young and middle-aged obese patients with MS is lower than those without MS. Leg muscle rate is an independent risk factor for MS, which is associated with decreased physical activity and prolonged sitting time.

【Key words】 Obesity; Metabolic syndrome; Leg muscle rate; Young and middle-age

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81770819);国家重点研发计划(2016YFC1304804);江苏省重点研发专项资金项目(BE2016606);南京市医药卫生科研课题(YKK18067)

工作单位:210008 南京,南京大学医学院附属鼓楼医院内分泌科(仲颖、毕艳、朱大龙、张露、冯文焕),健康管理中心(王静)

通讯作者:冯文焕, E-mail: fengwh501@163.com

少肌症表现为骨骼肌质量减少和功能减退,常合并脂肪过度堆积、BMI 增加,伴发少肌型肥胖,与代谢综合征(MS)组分高血压、高血糖、血脂异常等密切相关^[1]。少肌症是老龄化后退行性疾病,国内外研究多限于老年人群。但由于久坐不动等生活方式改变,少肌症和少肌型肥胖在中青年人群逐渐流行,需及时鉴别及有效干预。相较于上肢,下肢肌肉占比更大,在预测肌肉减少风险方面更为敏感^[2]。本研究旨在探讨下肢肌肉率减少是否与中青年肥胖人群 MS 发生相关,以期对肥胖症及 MS 治疗提供新思路。

对象与方法

1. 对象:选取 2018 年 10 月~2019 年 10 月于我院门诊就诊并建立档案的中青年肥胖患者 282 例。纳入标准:(1)年龄为 18~50 岁;(2)BMI ≥ 28 kg/m²。排除标准:(1)妊娠期或哺乳期女性;(2)合并严重心肝肾功能不全;(3)近 3 个月服用过激素类药物及维生素 D 补充剂;(4)个人基本信息及相关检查不完整。

2. 方法

(1)一般资料收集:患者的一般情况调查以面对面问卷调查形式由体重管理师开展,包括基本信息、肥胖相关病史、用药史及生活方式调查。膳食营养风险评估^[3]:对膳食结构中主食、蔬菜、蛋白质、脂肪等的摄入频次及数量进行调查,膳食问卷总分为 100 分,<60 分为膳食营养有风险,60~75 分为膳食营养风险可疑,>75 分为膳食营养无风险。体力活动评估^[6]:包括运动强度和时长:体力活动缺乏:几乎没有任何体力活动或运动;体力活动不足:每周中等强度有氧运动 ≤ 150 min 或高强度有氧运动 ≤ 75 min;体力活动适宜:每周中等强度有氧运动>150 min 或高强度有氧运动>75 min。吸烟史定义为调查时每天或几乎每天吸烟,且一生中至少吸烟 100 支。饮酒史定义为男性乙醇摄入量 ≥ 140 g/周,女性乙醇摄入量 ≥ 70 g/周。

(2)体格检查:测量患者空腹时的身高、体重、腰围(WC)、臀围(HC)及血压,计算 BMI 及腰臀比(WHR)。

(3)实验室及影像学检查:抽取患者空腹 8 h 以上静脉血检测糖化血红蛋白(HbA1c)、25 羟基维生素 D [25(OH)D]、Hb、白蛋白(Alb)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、75 g 口服葡萄糖耐量试验中的空腹血糖(FPG)及餐后 2 h 血糖(2h PG),并测定同步空腹胰岛素(FINS)及 2 h 胰岛素(2h INS);应用稳态模型评估胰岛素抵抗指数(HOMA-IR),HOMA-IR = FPG (mmol/L) \times FINS (μ IU/ml)/22.5。患者于空腹状态下行腹部超声检查,脂肪肝诊断参照《非酒精性脂肪性

肝病诊疗指南(2010 年 1 月修订)》^[4]。

(4)人体成分分析测定:人体成分分析采用生物电阻抗法(BIA),使用 720 体成分分析仪进行检测。于患者空腹、平静呼吸时测量,测定内容包括体脂率、全身肌肉率、基础代谢率(BMR)、内脏脂肪面积(VFA)及上肢、下肢、四肢、躯干肌肉量和脂肪量,并分别除以体重计算上肢、下肢、四肢、躯干肌肉率及脂肪率。

(5)MS 诊断标准:采用 2017 年中华医学会糖尿病学分会修订的诊断标准^[5]:①腹型肥胖:男性 WC ≥ 90 cm,女性 WC ≥ 85 cm;②高血糖:FPG ≥ 6.1 mmol/L 或 2h PG ≥ 7.8 mmol/L 和(或)已确诊为糖尿病并治疗;③高血压:血压 $\geq 130/85$ mmHg 和(或)已确认为高血压并治疗;④空腹 TG ≥ 1.70 mmol/L;⑤空腹 HDL-C<1.04 mmol/L。符合上述 3 项或以上者即诊断 MS。

3. 统计学处理:应用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。组间比较变量均经 K-S 检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用秩和检验;计数资料以例和百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。各指标间的相关性分析采用 Spearman 相关分析;危险因素分析采用 logistic 回归分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 非 MS 组和 MS 组临床资料比较:282 例肥胖患者中共检出 MS 患者 144 例,MS 检出率为 51.1%。根据是否合并 MS 将肥胖患者分为 MS 组 144 例和非 MS 组 138 例,两组患者在性别、年龄、肥胖病程、肥胖家族史、膳食营养风险评估、体力活动评估、久坐时间、睡眠时间、饮酒史、吸烟史方面比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),MS 组脂肪肝患病率明显高于非 MS 组($P < 0.05$),见表 1。MS 组 FPG、2h PG、HOMA-IR、HbA1c、TG、LDL-C 均明显高于非 MS 组,HDL-C 低于非 MS 组($P < 0.05$);两组 FINS、2h INS、TC、Alb、Hb 及 25(OH)D 比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2. 血压及人体成分指标比较:MS 组收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、WC、WHR、体脂率、躯干脂肪率高于非 MS 组,四肢肌肉率、下肢肌肉率低于非 MS 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者的 HC、BMI、BMR、VFA、全身肌肉率、躯干肌肉率、上肢肌肉率、四肢脂肪率、上肢脂肪率、下肢脂肪率比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

3. 中青年肥胖患者下肢及四肢肌肉率与 MS 的多因素 logistic 回归模型分析:将研究人群分别依据下肢肌肉率及四肢肌肉率四分位数分为 4 个亚组(Q1~Q4 组),

表 1 非 MS 组与 MS 组患者一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	性别 (男/女)	年龄 (岁)	肥胖病程 (年)	肥胖家族史 [例, (%)]	膳食营养风险评估[例, (%)]		
						无	可疑	有
非 MS 组	138	71/67	32.0 ± 8.8	18.9 ± 9.5	66(47.8)	17(12.3)	72(52.2)	49(35.5)
MS 组	144	70/74	33.4 ± 9.1	19.6 ± 11.2	77(53.5)	23(16.0)	58(40.3)	63(43.8)
P 值		0.635	0.200	0.702	0.673		0.273	

组别	例数	体力活动评估[例, (%)]			久坐时间 (h/d)	睡眠时间 (h/d)	饮酒史 [例, (%)]	吸烟史 [例, (%)]	脂肪肝 [例, (%)]
		缺乏	不足	适宜					
非 MS 组	138	115(83.3)	18(13.0)	5(3.6)	6.9 ± 3.0	7.4 ± 1.1	40(29.0)	38(27.5)	98(71.0)
MS 组	144	107(74.3)	31(21.5)	6(4.2)	6.9 ± 3.1	7.5 ± 1.2	49(34.0)	41(28.5)	131(91.0)
P 值			0.608		0.959	0.422	0.224	0.791	<0.001

表 2 非 MS 组与 MS 组血液学指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	FPG (mmol/L)	2h PG (mmol/L)	FINS (μIU/ml)	2h INS (μIU/ml)	HOMA-IR	HbA1c (%)	TG (mmol/L)	TC (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)	Alb (g/L)	Hb (g/L)	25(OH)D (ng/ml)
非 MS 组	5.4 ± 1.5	6.9 ± 1.9	30.3 ± 13.1	154.9 ± 131.9	5.6 ± 4.3	5.6 ± 0.8	1.6 ± 1.1	4.4 ± 0.8	2.7 ± 0.7	1.2 ± 0.6	44.9 ± 2.4	148.2 ± 14.4	18.7 ± 5.9
MS 组	5.9 ± 1.8	9.0 ± 3.6	28.3 ± 16.4	178.3 ± 135.2	7.3 ± 4.7	6.1 ± 1.4	2.3 ± 1.3	4.6 ± 0.7	3.0 ± 0.8	0.9 ± 0.2	44.7 ± 2.4	147.8 ± 15.2	19.4 ± 7.6
P 值	0.008	<0.001	0.686	0.164	0.002	0.001	<0.001	0.309	0.001	<0.001	0.570	0.851	0.563

表 3 非 MS 组与 MS 组患者血压及人体成分指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	WC (cm)	HC (cm)	WHR	BMI (kg/m ²)	BMR (kcal)	VFA (cm ²)	全身肌肉率 (%)
非 MS 组	138	122.6 ± 14.1	78.0 ± 11.3	105.1 ± 12.6	112.8 ± 8.5	0.9 ± 0.1	33.2 ± 3.9	1672.6 ± 235.2	167.6 ± 41.4	58.5 ± 5.5
MS 组	144	132.4 ± 13.5	85.7 ± 13.6	108.5 ± 10.1	112.6 ± 8.0	1.0 ± 0.1	33.8 ± 3.5	1618.2 ± 204.8	174.6 ± 38.0	57.0 ± 5.5
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	0.865	0.005	0.287	0.176	0.255	0.078

组别	例数	躯干肌肉率 (%)	四肢肌肉率 (%)	上肢肌肉率 (%)	下肢肌肉率 (%)	体脂率 (%)	躯干脂肪率 (%)	四肢脂肪率 (%)	上肢脂肪率 (%)	下肢脂肪率 (%)
非 MS 组	138	30.6 ± 3.3	7.0 ± 0.9	19.4 ± 1.6	37.8 ± 5.9	19.2 ± 2.2	17.1 ± 3.8	6.5 ± 2.0	10.6 ± 2.1	27.8 ± 2.5
MS 组	144	29.5 ± 3.4	6.9 ± 0.8	18.3 ± 1.8	39.6 ± 5.8	20.0 ± 2.3	17.8 ± 3.9	6.9 ± 1.9	10.9 ± 2.2	27.5 ± 2.3
P 值		0.023	0.328	<0.001	0.042	0.014	0.251	0.159	0.321	0.324

以是否存在 MS 为因变量,在校正了年龄、性别、BMI、HOMA-IR、脂肪肝后评估研究人群的 MS 患病风险,发现随着下肢肌肉率下降,MS 患病风险逐渐增加,其中 Q4 组 MS 患病风险较 Q1 组增加 6.546 倍($OR = 7.546$, $95\% CI 2.427 \sim 14.856$, $P < 0.05$)。而依据四肢肌肉率四分位数分成的亚组间 MS 患病风险比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 4。

表 4 下肢及四肢肌肉率与 MS 的多因素 logistic 回归模型分析

项目	亚组	OR 值	95% CI	P 值
下肢肌肉率 (%)	Q1 组(>20.2)	1	—	0.019
	Q2 组(18.7 ~ 20.2)	4.302	1.599 ~ 7.580	0.006
	Q3 组(17.7 ~ 18.6)	5.817	1.492 ~ 12.688	0.011
	Q4 组(<17.7)	7.546	2.427 ~ 14.856	0.003
四肢肌肉率 (%)	Q1 组(>32.2)	1	—	0.201
	Q2 组(30.2 ~ 32.2)	2.088	0.735 ~ 5.936	0.167
	Q3 组(27.7 ~ 30.1)	3.633	1.119 ~ 11.802	0.032
	Q4 组(<27.7)	3.209	0.770 ~ 13.383	0.109

4. 下肢肌肉率与各项指标的 Spearman 相关分析:中青年肥胖患者的下肢肌肉率与 WC、2h PG、HOMA-IR、VFA、体脂率、久坐时间呈负相关($P < 0.05$),与 BMR、

体力活动呈正相关($P < 0.05$),见表 5。

表 5 下肢肌肉率与各项指标的 Spearman 相关分析结果

指标	r 值	P 值
WC	-0.274	0.001
SBP	-0.099	0.249
DBP	-0.094	0.274
TG	-0.028	0.738
HDL	0.011	0.897
FPG	-0.110	0.171
2h PG	-0.243	0.003
HOMA-IR	-0.316	<0.001
BMR	0.453	<0.001
VFA	-0.668	<0.001
体脂率	-0.873	<0.001
体力活动	0.198	0.040
久坐时间	-0.174	0.048

讨 论

热量摄入过高和体力活动缺乏促进体重增加,促发肥胖流行^[6]。少肌症是一种以骨骼肌质量、力量及功能下降为主要特征的增龄性疾病^[7]。久坐不动生

活方式使全身尤其是下肢肌肉质量和力量下降,促发少肌型肥胖。与单纯性肥胖相比,少肌型肥胖患者发生 MS 的风险更高^[8]。既往研究表明,下肢肌肉比重减少与老年肥胖人群 MS 患病风险增加密切相关^[9]。本研究对中青年肥胖患者进行分析同样发现,在排除膳食营养及药物等影响肌肉水平的情况后,伴 MS 者四肢肌肉率及下肢肌肉率显著低于不伴 MS 者。在校正年龄、性别、BMI、HOMA-IR、脂肪肝等混杂因素后,下肢肌肉率减少仍是中青年肥胖者伴发 MS 的独立危险因素。其中下肢肌肉率 < 17.7% 者的 MS 患病风险比 > 20.2% 者增加 6.546 倍,提示针对性提升下肢肌肉率的减重措施可能有助于改善肥胖相关代谢指标。

进一步探讨下肢肌肉率与代谢指标的相关性,我们发现下肢肌肉率与 2h PG、HOMA-IR、WC、VFA 呈负相关。Srikanthan 等^[10]曾报道低肌肉量会导致胰岛素抵抗和糖耐量受损,肌肉率每增加 3%,对应 HOMA-IR 下降 4.4%、糖尿病风险下降 7.5%。Yagi 等^[11]也发现健康男性下肢肌肉量增加与 VFA 减少有关。肌肉量下降与胰岛素抵抗和糖代谢异常发生风险增加的机制可能为:(1)肌肉在胰岛素作用下摄取葡萄糖,合成并储存肌糖原,维持机体血糖稳态,而下肢肌肉在全身肌肉量中占比更大,下肢肌肉率下降导致胰岛素作用肌细胞靶位减少,促发胰岛素抵抗,促进 MS 发生^[12];(2)胰岛素抵抗引发糖代谢异常,导致肌蛋白分解大于合成,促进脂肪在肌肉间隙及肌肉细胞内浸润,减少肌肉质量,降低肌肉运动能力,使胰岛素抵抗进一步恶化^[8,13];(3)胰岛素抵抗伴发肥胖,促发慢性炎症状态,高水平的白细胞介素(IL)-6、IL-1 β 和肿瘤坏死因子- α 等促炎因子通过泛素化蛋白酶系统降解肌动蛋白和肌球蛋白,使肌肉量进一步减少^[14]。

此外,本研究发现下肢肌肉率与久坐时间呈负相关,与体力活动呈正相关,提示下肢肌肉率下降与久坐不动的生活方式及运动量减少有关。Mikkelsen 等^[15]发现,在非肥胖健康男性中,维持腿部肌肉质量的运动训练可以改善胰岛素敏感性、降低 TG 及全身炎症水平。针对下肢的有氧和抗阻运动可以预防及治疗老年人群糖尿病和少肌症^[16]。有研究发现,轻负荷的阻力训练后,下肢肌原纤维增大,利于蛋白质合成增加,减少与增龄相关的肌肉质量损失^[17]。本研究也发现,下肢肌肉率与 BMR、体力活动呈正相关,可能与运动后肌肉毛细血管数量及血流量增加、线粒体数量和酶活性上升、肌肉合成和肌力提高有关^[18],再次表明通过运动训练保持腿部肌肉量有助于预防或改善代谢风险。

但本研究为横断面研究,尚不能明确在减重治疗中增加中青年肥胖患者下肢肌肉率的干预措施是否有

助于预防、缓解 MS,同时本研究未行握力测定、6 min 步行试验、日常步速等检测评估患者的肌肉力量及肌肉功能,仅研究下肢肌肉率与 MS 之间的关系相对单薄。后续联合上述评估指标的干预研究可能为改善下肢肌肉率及肌肉功能在缓解肥胖及 MS 中提供依据。

综上所述,关注肥胖患者下肢肌肉率,有助于认识肥胖症的代谢异质性;中青年肥胖人群伴发 MS 者的四肢肌肉率及下肢肌肉率更低,下肢肌肉率减少为其伴发 MS 的独立危险因素,提示在减重同时注重改善人体成分、增加下肢肌肉率的干预措施可能利于避免中青年肥胖人群 MS 的发生发展。

参 考 文 献

- [1] Kim JH, Cho JJ, Park YS. Relationship between sarcopenic obesity and cardiovascular disease risk as estimated by the Framingham risk score [J]. J Korean Med Sci, 2015, 30(3): 264-271.
- [2] Hamasaki H, Kawashima Y, Adachi H, et al. Associations between lower extremity muscle mass and metabolic parameters related to obesity in Japanese obese patients with type 2 diabetes [J]. Peer J, 2015, 3: e942.
- [3] 中华医学会健康管理学分会, 中国营养学会, 中国医疗保健国际交流促进会生殖医学分会, 等. 超重或肥胖人群体重管理专家共识及团体标准 [J]. 中华健康管理学杂志, 2018, 12(3): 200-207.
- [4] 中华医学会肝病学分会脂肪肝和酒精性肝病学组. 非酒精性脂肪性肝病诊疗指南(2010 年 1 月修订) [J]. 中华内科杂志, 2010, 49(3): 275-278.
- [5] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2018, 10(1): 4-67.
- [6] Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis [J]. Nat Rev Endocrinol, 2019, 15(5): 288-298.
- [7] Dawson-Hughes B, Bischoff-Ferrari H. Considerations concerning the definition of sarcopenia [J]. Osteoporos Int, 2016, 27(11): 3139-3144.
- [8] 王雪芹, 黄乙欢, 赵树湘, 等. 肌少性肥胖与代谢综合征 [J]. 国际老年医学杂志, 2016, 37(3): 138-141.
- [9] Kera T, Kawai H, Hirano H, et al. Differences in body composition and physical function related to pure sarcopenia and sarcopenic obesity: A study of community-dwelling older adults in Japan [J]. Geriatr Gerontol Int, 2017, 17(12): 2602-2609.
- [10] Srikanthan P, Karlamangla AS. Relative muscle mass is inversely associated with insulin resistance and prediabetes. Findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2011, 96(9): 2898-2903.
- [11] Yagi S, Kadota M, Aihara KI, et al. Association of lower limb muscle mass and energy expenditure with visceral fat mass in healthy men [J]. Diabetol Metab Syndr, 2014, 6(1): 27.
- [12] 于蕊, 师强伟, 王春峰, 等. 非酒精性脂肪性肝病与少肌症关系的研究进展 [J]. 中华肝病杂志, 2019, 27(9): 725-727.
- [13] Seevaratnam N, Bennett AJ, Webber J, et al. The effects of underfeeding on whole-body carbohydrate partitioning, thermogenesis and uncoupling protein 3 expression in human skeletal muscle [J]. Diabetes Obes Metab, 2007, 9(5): 669-678.
- [14] Glass DJ. Signaling pathways perturbing muscle mass [J]. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2010, 13(3): 225-229.
- [15] Mikkelsen UR, Couppe C, Karlsen A, et al. Life-long endurance exercise in humans: circulating levels of inflammatory markers and leg muscle size [J]. Mech Ageing Dev, 2013, 134(11-12): 531-540.
- [16] Nomura T, Kawae T, Kataoka H, et al. Assessment of lower extremity muscle mass, muscle strength, and exercise therapy in elderly patients with diabetes mellitus [J]. Environ Health Prev Med, 2018, 23(1): 20.
- [17] Agergaard J, Bulow J, Jensen JK, et al. Light-load resistance exercise increases muscle protein synthesis and hypertrophy signaling in elderly men [J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2017, 312(4): E326-E338.
- [18] Colletuori G, Aguirre L, Phadnis U, et al. Aerobic Plus Resistance Exercise in Obese Older Adults Improves Muscle Protein Synthesis and Preserves Myocellular Quality Despite Weight Loss [J]. Cell Metab, 2019, 30(2): 261-273.

(收稿日期: 2020-01-03)

(本文编辑: 张一冰)