

两种不同强度室内运动对超重女青年体脂与心肺功能改善作用的研究*

刘 军¹ 侯莉莉² 韩世坤²

摘要

目的:探讨由不同动作组成的两种不同强度运动形式对于超重女青年体成分、心肺功能和血脂的影响。

方法:招募符合条件的受试者,随机分为高强度间歇训练组(high-intensity interval training group, HIIT)和中等强度持续训练组(moderate-intensity continuous training group, MICT),采用由6个动作组成的运动方案,分别进行3次/周、每次45min,为期10周的不同强度运动干预。在试验干预前后,分别测试被试身高、体重、体成分、最大摄氧量(VO_{2max})、安静心率、血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)等指标。

结果:①10周运动干预后,两组受试者体重、腰臀比、BMI、体脂肪、体脂率较干预前降低,骨骼肌和基础代谢升高,且差异具有显著性($P<0.05$),相比MICT组,HIIT组在改善体重、BMI、体脂肪、体脂百分比、骨骼肌和基础代谢率等方面都更具优势($P<0.05$);②10周运动干预后,2组受试者 VO_{2max} 和HDL-C升高,安静心率、TC、TG、LDL-C均降低,且这种变化具有显著性差异($P<0.05$),相比MICT组,HIIT组在改善 VO_{2max} 和LDL-C效果更具优势($P<0.05$)。

结论:10周不同动作组成的不同强度运动形式对超重青年女性的心肺功能、身体成分和血脂均有改善作用,相同锻炼时长下,HIIT在改善体成分等方面效果更好。

关键词 超重;运动;血脂;心肺功能;体成分

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-11-1511-06

The improvement of body fat and cardiopulmonary function in overweight young women by two different forms of indoor exercise/LIU Jun, HOU Lili, HAN Shikun//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37(11): 1511—1516

Abstract

Objective: To investigate the effects of two different forms of exercise with different intensity on body composition, cardiopulmonary function and blood lipid of overweight female youth.

Method: The eligible subjects were recruited and randomly divided into the high-intensity interval training group (HIIT) and the moderate-intensity continuous training group (MICT). The exercise program consisting of 6 movements was conducted for 45 min each time, 3 times per week, for 10 weeks. The height, weight, body composition, VO_{2max} , resting heart rate, total serum TC, TG, LDL-C and HDL-C were measured before and after exercise intervention.

Result: ①Body weight, waist-hip ratio, BMI, body fat, body fat percentage of subjects in both groups significantly decreased, and skeletal muscle and basal metabolic rate increased after the 10-week exercise intervention than before (all findings $P<0.05$). Compared to the MICT group, the HIIT group had more effect in the improvement of body weight, BMI, fat percentage, skeletal muscle and basal metabolic rate(all findings $P<0.05$).

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.11.012

*基金项目:陕西省社会科学基金项目(2019R003);西安体育学院2019年度研究生科研创新项目(2019009)

1 西安体育学院运动与健康科学学院,陕西省西安市,710068; 2 西安体育学院研究生部

第一作者简介:刘军,男,博士,副教授; 收稿日期:2021-08-18

②The values of VO_{2max} , HDL-C in both groups significantly increased, and the resting heart rate, TC, TG, LDL-C decreased in both groups after the 10-week exercise intervention than before(all findings $P<0.05$). Compared to MICT group, HIIT group was more effective in improving VO_{2max} and LDL-C (all findings $P<0.05$).

Conclusion: Different forms of exercise with different intensity for 10 weeks can improve the cardiopulmonary function, body composition and plasma lipid in overweight young women. For the same exercise duration, HIIT has a better effect on improving body composition and other aspects.

Author's address College of Sports and Health Sciences, Xi'an Physical Education University, Xi'an, Shanxi, 710068

Key word overweight; exercise; blood lipid; cardiopulmonary function; body composition

根据世界卫生组织估计,到2025年,全球将会有1/5的成年人肥胖,而超重人口可能是肥胖人数的3倍以上^[1]。中国已经成为超重和肥胖患病人数最高的国家,约46%的成年人和15%的儿童肥胖或超重^[2]。不健康的饮食模式、久坐少动的生活方式和缺乏运动都是导致肥胖高增的原因^[3]。虽然所有年龄段的男性和女性都会受到肥胖的影响,但肥胖会降低女性生育能力、合并糖尿病和高血压等妊娠高危因素,增加分娩风险^[4],此外,研究认为母亲肥胖可能增高所生孩子代谢疾病发生率^[5]。因此,本研究拟通过优选一些依从度高、简单易学又可以达到目标心率的动作形式,组合成耗时相同、强度不同的运动方式,研究其对超重女青年的心肺耐力、体成分和体脂改善效果,为相关人士从事运动提供循证医学支持。

1 资料与方法

1.1 一般资料

招募超重青年女性50例,按要求进一步筛查:①年龄在18—25周岁;②身体质量指数(body mass index, BMI) ≥ 24 ;③体脂百分比(Fat%) $\geq 25\%$;④体重近3个月无大幅波动($\pm 2\text{kg}$);⑤无系统的运动锻炼及定期的体力活动经历;⑥无内分泌、骨骼或心血管疾病史,且近期没有接受药物治疗,全部未婚无生育史。符合上述筛选条件受试者在了解本次研究的目的及相关注意事项后签署知情同意书及合作协议,本试验经学院伦理委员会审查同意(审批时间:2020年9月)。通过身体活动准备问卷(physical activity readiness questionnaire, PAR-Q),排除运动风险因素,最终筛选确定30例有效试验对象,采用简单随机分组方法,随机分为2组,即高强度

间歇训练组(high-intensity interval training group, HIIT)与中等强度持续训练组(moderate-intensity continuous training group, MICT),每组15人。被试身高平均(164 ± 4.32)cm;年龄平均(21.70 ± 2.49)岁。中途有受试者退出,最终完成试验的25人(HIIT组12人, MICT组13人)。试验期间饮食不做额外控制。

1.2 运动方案

1.2.1 运动动作设计与编排:通过查阅资料,从中挑选一些难度适中,完成度高的动作,并结合预试验中受试对象完成情况设计动作组合。具体方案如下:①开合跳—俯身登山—原地高抬腿—自重虫爬—后踢腿—前后左右跳;②原地高抬腿—波比跳—弓箭步跳—俯身登山—摸地纵跳—后踢腿;③前后左右跳—波比跳—原地高抬腿—自重虫爬—深蹲跳—摸地纵跳。每个动作持续30s, HIIT组每个动作后休息10s。

1.2.2 运动强度测试与控制:最大心率计算公式参考: $HR_{max}=207-0.7\times\text{年龄}$ 。在确定受试对象后,进行1周预试验,用心率表(polar表)控制运动强度,确定HITT靶心率为 $96\%HR_{max}$ ($90\%VO_{2max}$)时被试的动作完成个数,此时主观体力活动量表(rating of perceived exertion, RPE)感到很吃力,数值 ≥ 18 ,每个人测试3次,取平均值;同样的方法确定MICT组被试的靶心率为 $74\%HR_{max}$ ($60\%VO_{2max}$),此时RPE感到有点吃力,数值 ≥ 12 ^[6];在干预进行到第6周时通过上述方法重新评估靶强度对应的动作个数,调整节奏以达到靶强度。

1.2.3 运动方案:1周的适应性训练后,进行为期10周的训练干预,3次/周,每次45min。经10min的热身活动后, HIIT组进行 $90\%VO_{2max}$ 强度的训练,每个动作后休息10s,组间间歇1min,共完成6组; MICT

进行60%VO_{2max}强度的训练,持续完成10组。正式运动时间均为30min。训练结束后各组集体拉伸放松5min。为延缓身体产生运动适应后降低运动能耗,每周3次训练分别采用不同方案。

1.2.4 指标测试。

1.2.4.1 心肺耐力评价:利用Astand-Ryhnuui间接测试法,采用功率自行车、心率表和秒表测试受试者干预前后的VO_{2max};测试干预前后受试者安静心率。

1.2.4.2 形态学指标评价:使用身高体重测量仪测试干预前后受试者身高、体重,计算BMI;使用In-body570人体成分测试仪测试体成分。

1.2.4.3 血脂四项测定:肘静脉采集受试者运动干预前后空腹血液5ml,室温静置30min,低温离心机3000r/min离心10min取上清待测,-80℃保存。测试血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)等血脂4项指标,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.3 统计学分析

试验测得的数据采用SPSS 26.0软件进行统计分析,结果以平均数±标准差表示,干预前两组进行独立样本 t 检验,各指标均无显著性差异($P>0.05$)。以Shapiro-Wilk法进行正态分布检验,符合正态分布的数据采用配对样本 t 检验进行组内比较,组间比较采用独立样本 t 检验,不符合正态分布的数据采用Mann-Whitney U 检验进行组间比较、Wilcoxon signed rank检验进行组内比较, $P<0.05$ 表示两者之间具有显著性差异。

2 结果

2.1 不同运动方式干预前后受试者体成分指标

由表1可知,干预前、后2组分别经独立样本 t 检验,各指标均无显著性差异($P>0.05$)。经10周干预后,除MICT组骨骼肌之外($P>0.05$),其他2组体重、BMI、骨骼肌、体脂肪、内脏脂肪等级、体脂百分比与基础代谢等指标相比干预前均有显著性差异($P<0.05$)。

2.2 不同运动方式干预前后受试者心肺功能指标

由表2数据可知,干预前、后2组分别经独立样本 t 检验,各指标均无显著性差异($P>0.05$)。经10周干预后,MICT和HIIT组HR、VO_{2max}相比干预前差异具有显著性($P<0.05$)。

2.3 不同运动方式干预前后受试者血脂四项指标

由表3数据可知,干预前、后2组分别经独立样本 t 检验,各指标差异均无显著性($P>0.05$)。经10周干预后,MICT和HIIT组TG、TC、LDL-C、HDL-C相比干预前差异具有显著性($P<0.05$)。

2.4 不同运动方式干预受试者各指标干预效果

见表4,2组干预效果比较,除HR、TG、TC、HDL-C4项指标外($P>0.05$),其余指标干预效果差异具有显著性($P<0.05$)。

3 讨论

研究显示,非传染性疾病导致的死亡数占了全球死亡数的2/3,体力活动不足是其主要风险因素,全球有9%的死因与体力活动不足有关,如果每周进行耗能1000到2000kCal的中等强度运动,可显著降

表1 试验前后研究对象体成分测试结果

($\bar{x}\pm s$)

项目	MICT组(n=13)			HIIT组(n=12)			P值	
	干预前	干预后	P值	干预前	干预后	P值	干预前比较	干预后比较
体重(kg)	69.08±4.79	66.69±4.67	0.002	68.90±5.19	65.14±5.08	0.002	0.773	0.445
BMI	25.79±2.48	24.90±2.52	0.002	25.49±1.64	24.08±1.51	0.002	0.488	0.272
骨骼肌(kg)	24.00±2.28	24.55±2.02	0.057	24.15±2.13	25.31±2.10	0.006	0.876	0.399
体脂肪(kg)	24.38±3.87	21.98±3.06	0.000	25.61±4.20	21.78±3.91	0.000	0.466	0.890
内脏脂肪等级	10.75±2.61	9.16±2.30	0.007	10.58±2.13	8.17±1.77	0.004	0.872	0.266
体脂百分比(Fat%)	35.24±4.59	32.96±4.10	0.004	37.15±5.43	33.48±5.84	0.000	0.342	0.842
基础代谢(kCal)	1326.92±81.07	1341.58±83.95	0.000	1327.58±83.45	1351.00±80.83	0.000	0.984	0.782

表2 试验前后研究对象心肺功能测试结果

($\bar{x}\pm s$)

项目	MICT组(n=13)			HIIT组(n=12)			P值	
	干预前	干预后	P值	干预前	干预后	P值	干预前比较	干预后比较
HR(b/min)	71.50±4.19	68.50±4.12	0.000	70.67±3.85	66.83±3.83	0.002	0.617	0.295
VO _{2max} (L/min)	2.16±0.24	2.35±0.23	0.012	2.09±0.21	2.44±0.24	0.002	0.684	0.384

表3 试验前后研究对象血脂四项测试结果 (x±s)

项目	MICT组(n=13)			HIIT组(n=12)			P值	
	干预前	干预后	P值	干预前	干预后	P值	干预前比较	干预后比较
TG(mmol/L)	0.70±0.35	0.54±0.30	0.048	0.68±0.32	0.48±0.27	0.005	0.889	0.630
TC(mmol/L)	4.24±0.66	3.78±0.69	0.006	4.28±0.86	3.46±0.78	0.000	0.907	0.300
LDL-C(mmol/L)	1.70±0.31	1.52±0.28	0.035	1.67±0.44	1.18±0.37	0.003	0.840	0.019
HDL-C(mmol/L)	1.64±0.29	1.80±0.17	0.025	1.59±0.19	1.77±0.08	0.004	0.638	0.717

表4 MICT和HIIT干预效果比较 (x±s)

项目	MICT组	HIIT组	P值
体重(kg)	2.39±1.45	3.77±1.25	0.021
BMI	0.89±0.53	1.40±0.49	0.021
骨骼肌(kg)	0.55±0.28	2.41±0.1.03	0.000
体脂肪(kg)	2.41±1.48	3.83±1.54	0.028
内脏脂肪等级	1.58±0.86	2.00±1.04	0.048
体脂百分比(Fat%)	2.28±2.09	3.67±2.34	0.045
基础代谢(kCal)	14.67±7.69	23.42±5.98	0.005
HR(b/min)	3.00±1.35	3.83±1.57	0.188
VO _{2max} (L/min)	0.19±0.11	0.35±0.12	0.006
TG(mmol/L)	0.16±0.25	0.20±0.20	0.683
TC(mmol/L)	0.46±0.47	0.82±0.50	0.088
LDL-C(mmol/L)	0.18±0.26	0.49±0.44	0.048
HDL-C(mmol/L)	0.17±0.23	0.18±0.18	0.890

低心血管疾病发病和死亡率,即使是适度的体育活动也可降低所有年龄段人群超重和肥胖的发生率^[7]。高强度间歇训练是因为其较好地解决了传统用于减脂的有氧运动耗时较长且对心肺刺激有限的缺点,而且可以借助徒手动作组合或者是跳绳等简单器械就可以完成,基本上不受时间和空间限制,特别适合于场地空间受限时的有效运动锻炼手段进行推广。

3.1 不同强度运动对超重/肥胖女青年心肺功能的影响及可能机制

有氧能力被美国心脏病协会列为与呼吸、体温、脉搏、血压等并列的第五大生命体征^[8]。研究认为所有年龄组、种族和男女都需要通过运动以提高心肺健康水平^[9]。特别是对于普遍不爱运动、超重或肥胖的大学生来说,甚至每周只进行一次持续12 min、强度达到90%贮备心率的HIIT,都可以显著改善超重/肥胖成人的心肺健康、体成分组成和血压^[10]。更有研究提出,无论受试者身体成分如何,HIIT都是改善青少年心肺适能(cardiorespiratory fitness, CRF)的有效方法,而且短期的低容量HIIT项目和长期的高容量HIIT项目对此同样有效^[11]。在一项分析了620篇文章的meta分析中指出,HIIT

训练在改善身体成分、VO_{2max}和体脂方面均有与MICT类似的好处,但HIIT比MICT耗时少了9.7min。当HIIT训练间隔持续时间≥2min时,HIIT与MICT能量消耗相同,但改善心肺健康方面效果更好^[12]。

VO_{2max}是评价机体有氧功能的最主要的指标,运动干预可以通过增加毛细血管密度、增加线粒体数量、改善心肺功能等提高VO_{2max},HIIT训练相比MICT训练对VO_{2max}改善更显著,这与本研究以及Astorino等研究结果相一致,后者研究认为,经过20次HIIT训练可使受试者VO_{2max}显著增加,因其每搏输出量和心输出量相应增加,因此认为HIIT提高VO_{2max}主要缘于中心影响因素^[13]。但也有其他研究显示,心肺功能良好的受试者在完成6周的跑台冲刺间歇训练后,虽然最大心输出量没有变化,但动静脉氧分压差有所增加^[14]。无论是每搏输出量的增加或者是动静脉氧分压差的增加,都说明氧气摄取和利用效率增加,心肺功能得到改善,都会导致安静心率降低。有学者关注了心肺耐力低下与COVID-19疫情之间的关系,认为为防治疫情采取的隔离措施可能更加加重体力活动不足的风险,而增加CRF、线粒体健康与提高免疫系统功能以及改善预后关系密切,机制与其可通过增强细胞能量摄取、调节氧化还原和炎症状态,提高对感染的免疫应答等有关^[15]。

3.2 不同强度运动对超重/肥胖女青年体成分和血脂代谢的影响及可能机制

无论是耐力训练、抗阻训练或者是间歇训练均可控制肥胖或者减轻肥胖的副作用^[16]。肥胖,特别是向心性肥胖导致的肠系膜脂肪与心脑血管疾病发病高度相关,相比节食,运动对于内脏脂肪的降低效果更为显著^[17]。一项meta分析指出,HIIT和MICT两种运动方式均可降低受试者体脂率,但在对脂肪质量控制方面,HIIT更具优势,比MICT组多减了28.5%^[18]。

在一项筛选自1334篇文章中的13篇文献meta分析中,研究干预时间为10周,每周3次训练,结果提示,HIIT在比MICT减少了约40%训练时间的情况下,显著降低了成年超重/肥胖者全身脂肪量和腰围,说明要取得同样的锻炼效果,显然HIIT更为高效^[19]。另一项为期16周的比较HIIT和MICT对肥胖青少年饮食行为影响的研究中,研究者观察了HIIT与MICT对饮食限制和不限肥胖青少年体成分和能量摄入的影响,认为2种运动干预措施均会增加受试者24h内的能量摄入,但均可显著降低体重、BMI和体脂百分比,但HIIT组对体脂百分比改善效果更好^[20]。这些研究结果与本研究一致,HIIT组受试者骨骼肌质量增加,相同时间训练时,对体脂肪重量、内脏脂肪等级、体脂百分比等调节作用更为显著,而且可以增加基础代谢率,这可能是优化了体成分、增加了瘦体重和HIIT训练因为强度较大,会引起运动后过量氧耗增加有关。

运动强度和运动持续时间会影响到运动对血脂的干预效果,大多研究都支持规律运动可以改善血清TG、TC、LDL-C和HDL-C,但也有研究认为结果不太一致,认为HIIT只是比MICT对HDL-C具有更好的改善效果^[21]。在本研究中,HIIT和MICT组对血脂改善均取得了显著效果,但只有在LDL-C上HIIT更具优势。改善血脂应该与运动增加了脂肪氧化等有关,Astorino等^[22]研究结果显示,间歇训练可通过改善线粒体体积和功能而增加全身脂肪氧化,这可能与其可显著提高柠檬酸合酶、脂肪酸结合蛋白或FAT/CD36表达有关。因为只有运动强度在45%—70% $\text{VO}_{2\text{max}}$ 以上的运动,才对内脏脂肪有比较显著的降低作用^[23],本研究中的运动强度均在此有效强度之内,而强度更大的HIIT对内脏脂肪效果更佳可能是因为脂肪具有更多的 β 肾上腺素能受体,强度更大的运动会刺激身体分泌较高的肾上腺素,激活对激素敏感的脂肪酶,通过c-AMP-PKA信号通路促进脂肪分解^[24]。

4 结论

由两种不同徒手动作组合成的为期10周的HIIT和MICT训练,均对超重/肥胖女青年体成分、心肺功能和血脂产生了改善作用,但耗时相同的情况

下,HIIT对 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 、骨骼肌重量、体脂率和基础代谢等改善效果更为显著。只要运动强度达到靶心率,居家锻炼同样有良好的健康促进效果。

参考文献

- [1] Mohammed MS, Sendra S, Lloret J, et al. Systems and WBANs for controlling obesity[J]. J Healthc Eng, 2018, 2018:1564748.
- [2] Wang Y, Xue H, Sun M, et al. Prevention and control of obesity in China[J]. Lancet Glob Health, 2019, 7(9): e1166—e1167.
- [3] Heianza Y, Qi L. Gene-Diet interaction and precision nutrition in obesity[J]. Int J Mol Sci, 2017, 18(4):787.
- [4] Broughton DE, Moley KH. Obesity and female infertility: potential mediators of obesity's impact[J]. Fertil Steril, 2017, 107(4):840—847.
- [5] Tauqeer Z, Gomez G, Stanford FC. Obesity in women: insights for the clinician[J]. J Womens Health (Larchmt), 2018, 27(4):444—457.
- [6] 美国运动医学学会. 王正珍, 译. ACSM运动测试与运动处方指南[M]. 第10版. 北京:北京体育大学出版社, 2019.
- [7] González-Gross M, Meléndez A. Sedentarism, active lifestyle and sport: impact on health and obesity prevention[J]. Nutr Hosp, 2013, 28(Suppl 5):89—98.
- [8] Ross R, Blair SN, Arena R, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a Scientific Statement From the American Heart Association[J]. Circulation, 2016, 134(24):e653—e699.
- [9] Lavie CJ, Ozemek C, Carbone S, et al. Sedentary behavior, exercise, and cardiovascular health[J]. Circ Res, 2019, 124(5):799—815.
- [10] Chin EC, Yu AP, Lai CW, et al. Low-frequency HIIT improves body composition and aerobic capacity in overweight men[J]. Med Sci Sports Exerc, 2020, 52(1):56—66.
- [11] Martin-Smith R, Cox A, Buchan DS, et al. High intensity interval training (HIIT) improves cardiorespiratory fitness (CRF) in healthy, overweight and obese adolescents: a systematic review and meta-analysis of controlled studies[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(8):2955.
- [12] Su L, Fu J, Sun S, et al. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: a meta-analysis[J]. PLoS One, 2019, 14(1): e0210644.
- [13] Astorino TA, Edmunds RM, Clark A, et al. High-intensity interval training increases cardiac output and $\text{VO}_{2\text{max}}$ [J]. Med Sci Sports Exerc, 2017, 49(2):265—273.

- [14] Macpherson RE, Hazell TJ, Olver TD, et al. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43(1): 115—122.
- [15] Burtcher J, Millet GP, Burtcher M. Low cardiorespiratory and mitochondrial fitness as risk factors in viral infections: implications for COVID-19[J]. *Br J Sports Med*, 2021, 55(8):413—415.
- [16] Petridou A, Siopi A, Mougios V. Exercise in the management of obesity[J]. *Metabolism*, 2019, 92:163—169.
- [17] Verheggen RJ, Maessen MF, Green DJ, et al. A systematic review and meta-analysis on the effects of exercise training versus hypocaloric diet: distinct effects on body weight and visceral adipose tissue[J]. *Obes Rev*, 2016, 17(8):664—690.
- [18] Viana RB, Naves JPA, Coswig VS, et al. Is interval training the magic bullet for fat loss? A systematic review and meta-analysis comparing moderate-intensity continuous training with high-intensity interval training (HIIT) [J]. *Br J Sports Med*, 2019, 53(10):655—664.
- [19] Wewege M, van den Berg R, Ward RE, et al. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis[J]. *Obes Rev*, 2017, 18(6):635—646.
- [20] Miguet M, Fearnbach NS, Metz L, et al. Effect of HIIT versus MICT on body composition and energy intake in dietary restrained and unrestrained adolescents with obesity [J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2020, 45(4):437—445.
- [21] Wood G, Murrell A, van der Touw T, et al. HIIT is not superior to MICT in altering blood lipids: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 2019, 5(1):e000647.
- [22] Astorino TA, Schubert MM. Changes in fat oxidation in response to various regimes of high intensity interval training (HIIT)[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2018, 118(1):51—63.
- [23] Vissers D, Hens W, Taeymans J, et al. The effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: a systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2013, 8(2):e56415.
- [24] 刘阳, 梅佳顺, 何玉秀. 高强度间歇训练通过不同部位HSL磷酸化差异性激活减少内脏脂肪积累的机制研究[J]. *体育科学*, 2018, 38(9):56—64.

(上接第1491页)

- practice guidelines, update 2015[J]. *Int J Stroke*, 2016, 11(4): 459—484.
- [7] Winstein CJ, Stein J, Arena R, et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American heart Association/American Stroke Association[J]. *Stroke*, 2016, 47(6):98—169.
- [8] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会神经康复学组, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑卒中早期康复治疗指南[J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(6):405—412.
- [9] 中华医学会神经病学分会神经康复学组, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 卫生部脑卒中筛查与防治工程委员会办公室, 中国脑卒中康复治疗指南(2011完全版)[J]. *中国康复理论与实践*, 2012, 18(4):301—318.
- [10] Santisteban L, Térémetz M, Bleton GP, et al. Upper limb outcome measures used in stroke rehabilitation studies: a systematic literature review[J]. *PLoS One*, 2016, 11(5): e0154792.
- [11] Lampart P, Gemperli A, Baumberger M, et al. Administration of assessment instruments during the first rehabilitation of patients with spinal cord injury: a retrospective chart analysis[J]. *Spinal Cord*, 2018, 56:322—331.
- [12] Nichol AD, Higgins AM, Gabbe BJ, et al. Measuring functional and quality of life outcomes following major head injury: common scales and checklists[J]. *Injury*, 2011, 42(3): 281—287.
- [13] Culliton SE, Bryant DM, MacDonald SJ, et al. Validity and internal consistency of the new knee society knee scoring system[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2018, 476(1):77—84.
- [14] 张娜, 周谋望, 刘楠, 等. 2016年度全国脊髓损伤康复医疗质量控制调查报告[J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33(10): 1137—1141.
- [15] 李奎成, 欧阳亚涛, 刘晓艳. 谈康复评定的规范化[J]. *中国康复医学杂志*, 2009, 24(1):84—85.
- [16] 张娜, 张元鸣飞, 刘京宇, 等. 国家康复医学专业医疗服务与质量安全报告(2019年)[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42(12):1146—1152.