

单次高强度抗阻训练与间歇有氧运动对中年人基础代谢率的影响*

晁敏¹ 梁丰¹ 王尊¹ 李风雷¹ 王磊^{1,2}

摘要

目的:研究单次高强度抗阻训练和单次高强度间歇有氧运动之后12h及24h基础代谢率的变化。

方法:将66例受试者随机分为抗阻训练组22例、有氧训练组22例、对照组22例,所有组员训练前、训练后12h和训练后24h后均采用间接测热法,通过K4b2型心肺功能测定仪进行基础代谢率(BMR)测定。抗阻训练运动方式为肩负杠铃垂直下蹲,强度为80%一次最大重复负荷(1RM),每组10次,共4组;有氧训练运动方式为功率自行车,强度为90%最大摄氧量(VO_{2max}),共4组训练,每组以5min训练、5min休息的间歇训练模式进行。

结果:训练前三组间的基础代谢率均无明显差异($P>0.05$);训练后12h基础代谢率,抗阻训练组和有氧训练组较对照组明显升高($P<0.05$),且抗阻训练组增加更显著($P<0.05$);训练后三组间24h基础代谢率无明显差异($P>0.05$)。

结论:单次高强度抗阻训练和单次高强度间歇有氧运动均能够明显提高运动之后12h内的能量消耗,且与单次高强度间歇有氧运动相比,单次高强度抗阻训练对基础代谢率的提高更显著。

关键词 抗阻训练;有氧训练;基础代谢率

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2015)-10-1021-04

Effects of a single bout high-intensity resistance training and high-intensity interval aerobic exercise on basal metabolic rate of middle-aged people/ CHAO Min, LIANG Feng, WANG Zun, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2015, 30(10): 1021—1024

Abstract

Objective: To investigate the changes of basal metabolic rate (BMR) 12h and 24h after a single bout high-intensity resistance training and high-intensity interval aerobic exercise, respectively.

Method: Sixty-six adults were divided into resistance training group ($n=22$), aerobic exercise group ($n=22$) and control group ($n=22$). All subjects' BMR was assessed by portable gas metabolic analyzer (K4b2, COSMED) before and 12h, 24h after training period. Resistance training group performed 4 sets of exercises, at 80% of one-repetition maximum (1-RM) for 10 repetitions. Aerobic exercise group did 4 sections of exercises at 90% of VO_{2max} , and each section lasted 5min with 5min interval.

Result: There was no significant difference ($P>0.05$) in BMR in three groups before training. Compared with control group, the BMR of resistance training group and aerobic exercise group was significantly higher ($P<0.05$) 12h after training, and resistance training group improved more than that of aerobic exercise group. There was no significant difference among 3 groups in BMR 24h after training ($P>0.05$).

Conclusion: A single bout high-intensity resistance training and high-intensity interval aerobic exercise can significantly improve the energy expenditure 12h after training, and resistance training improves more than that of

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.10.009

*基金项目:全国高校博士点基金项目(20123237120008)

1 南京中医药大学,南京,210029; 2 通讯作者

作者简介:晁敏,女,在读硕士研究生; 收稿日期:2014-10-23

aerobic exercise.

Author's address Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, 210029

Key word resistance training; aerobic exercise; basal metabolic rate

基础代谢率(basal metabolic rate, BMR)在每日能量总消耗中占60%—70%,是反映成人能量消耗量的重要指标^[1]。基础代谢率随着年龄的增长会逐渐下降^[2],从而导致能量摄入与消耗失衡,是肥胖、糖尿病、高血压和冠心病的重要危险因素^[3-4]。基础代谢率的水平与运动量密切相关^[5],目前运动训练是改善基础代谢率的主要方法,Lopes AL等^[6]发现经过一阶段的抗阻或有氧运动基础代谢率会显著升高,然而单次抗阻训练和有氧运动后基础代谢率的变化规律却鲜有研究,因此,本研究分别采用单次抗阻训练和有氧运动,观察其分别对运动后12h、24h基础代谢率的影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象

随机选取南京中医药大学仙林校区在校师生66例。所有志愿者无吸烟、饮酒等不良嗜好,排除失眠、焦虑等精神心理疾患,血脂、血糖等生化指标均正常,无影响基础代谢率的内分泌等慢性疾病及妊娠、哺乳等特殊情况,且不存在妨碍抗阻训练和有氧运动的禁忌证。将66例志愿者用简单随机化的方法分为3组,抗阻训练组22例、有氧训练组22例、对照组22例。三组间年龄、身高、体重及训练前基础代谢率均无显著差异($P>0.05$),见表1。

表1 一般资料比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	性别(n)		年龄(岁)	体重(kg)	身高(cm)
	男	女			
抗阻训练组	12	10	34.3±4.61	61.535±8.78	168.821±5.76
有氧运动组	9	13	33.8±6.12	63.435±9.65	167.364±6.24
对照组	11	11	35.1±5.56	62.762±8.96	168.921±5.12

1.2 测定与评估方法

1.2.1 基础代谢率测定:受试者在测试前两天入住单人评定室,室内温度20—25℃,湿度40%—60%,为排除饮食对基础代谢率的影响,食用按照《中国居民膳食能量参考摄入量》标准统一配置的膳食:总能量摄入,男性2100—2900kCal/d,女性2000—2400kCal/d;供能比,碳水化合物55%—65%,脂肪

20%—25%,蛋白质10%—15%。于单人评定室内,应用间接测热法,采用意大利COSMED公司生产的K4b2型心肺功能测定仪进行气体代谢分析,测定运动前、运动后12h和运动后24h基础代谢率。测试开始前1天,告知受试者测试流程及注意事项。测试开始时,受试者处于完全清醒、舒适、安静的状态,测定过程中受试者不做任何肌肉活动。受试者佩戴呼吸面罩适应5min后开始正式测定,适应期内的数据予舍弃,正式测定过程中受试者保持平稳呼吸,VO₂和VCO₂曲线稳定,共测试15min。

1.2.2 最大摄氧量评估:采用K4b2型心肺功能测定仪于训练前对受试者进行心肺运动试验(cardiopulmonary exercise test, CPET)评估。受试者空载踏功率车热身2min,然后从5W开始,以20W/min负荷幅度递增,受试者保持50—60r/min的转速直至力竭,记录此时受试者最大摄氧量(VO_{2max}),作为制定有氧运动强度依据。

1.2.3 一次最大重复负荷(one repetition maximum, 1RM)评定:先做5—10min有关肌肉群的准备活动。选择接近个人最大努力才能克服的重量开始测试,要求完成2次蹲起动作,以5kg、2kg、1kg的次序逐渐增加杠铃重量,直到只能蹲起一次,该重量记为1RM。每次试蹲起之间休息2—3min。

1.3 训练方法

三组均处于同样的环境条件下进行训练。对照组:于心肺功能评定室进行健康知识普及,包括均衡饮食、规律起居、培养健康的生活方式等,并保持日常生活状态。

抗阻训练组:在对照组基础上,以80% 1RM为负荷强度,肩负杠铃蹲起,1组10次,共4组,组间休息5min。训练前后进行充分的热身和放松活动。

有氧运动组:在对照组基础上,受试者以90% VO_{2max}为强度踏功率自行车,转速保持在50—60r/min,共4组训练,每组以5min训练、5min休息的间歇训练模式进行,运动前后充分准备和放松。

1.4 统计学分析

计量资料用均数±标准差表示。实验数据用

SPSS 15.0 软件分析,三组均数采用单因素方差分析,两两比较时采用SNK法检验。

2 结果

训练前三组间的基础代谢率均无明显差异($P>0.05$);训练后 12h 基础代谢率,抗阻训练组和有氧训练组较对照组明显升高($P<0.05$),且抗阻训练组增加更显著($P<0.05$);训练后 24 小时基础代谢率,三组间无明显差别($P>0.05$)。见表 2。

表 2 训练前后三组间基础代谢率比较 $\bar{x}\pm s, \text{kJ/d}$			
组别	训练前	训练后 12h	训练后 24h
抗阻训练组	4852±709.32	6012±707.47 ^{①②③}	4902±710.29
有氧运动组	4828±712.64	5720±711.37 ^{①③}	4826±711.57
对照组	4901±701.78	4896±715.66	4892±709.81

①与对照组相比 $P<0.05$;②与有氧运动组相比 $P<0.05$;③与训练前相比 $P<0.05$

3 讨论

此次试验证明单次高强度抗阻和单次高强度间歇有氧运动可以显著提高基础代谢率且与单次高强度间歇有氧运动相比,单次高强度抗阻训练改善基础代谢率的效果更突出。另外研究还发现,单次高强度抗阻训练及单次高强度间歇有氧运动对基础代谢率所产生的影响具有时间限制,运动后 12h 基础代谢率显著升高,而 24h 后基础代谢率恢复到运动前水平。本研究为改善基础代谢率预防肥胖、糖尿病、冠心病等疾病提供了有效方法,并对更合理地设定训练间隔,优化运动方案以更好地实现改善基础代谢率的目标具有重要意义。

基础代谢率测定方法的选择。基础代谢率的测定包括直接测热法、间接测热法和公式推测法。公式推测法误差^[7],而间接测热法是测定能量消耗的“金标准”^[8],且本试验还需测定受试者的 $\text{VO}_{2\text{max}}$,因此,采用间接测热法,通过 K4b2 型心肺功能测定仪测定基础代谢率,具有实时性、便携性和准确性等优点^[9]。

试验运动强度的确定。研究发现运动强度 55%—65% $\text{VO}_{2\text{max}}$ 的有氧运动及 65%—70% 1RM 的抗阻训练均不能明显改变基础代谢率,分析认为与运动强度较小有关^[10],而 Larsen I 等^[11]证实高强度

有氧运动后机体能量消耗会显著增加。因此,本试验抗阻训练和有氧运动均为高强度运动训练,运动强度分别选为 80% 1RM 和 90% $\text{VO}_{2\text{max}}$,结果证明单次高强度抗阻训练和单次高强度间歇有氧运动皆能明显提高受试者的基础代谢率。

试验证明单次高强度抗阻训练和单次高强度间歇有氧运动可以显著提高基础代谢率,这与 Hambre D 等^[12]的研究一致。长期运动训练增加基础代谢率的原因与肌肉含量及肌力的提高有关,因为肌肉是高代谢组织,肌肉含量及肌力的增加就会使机体基础代谢率增高^[13],但单次运动训练难以实现肌肉含量及肌力的显著改善。而急性运动后肌肉纤维的修复活动增加,能够提高基础代谢率^[14],这或许是单次高强度抗阻训练和单次高强度间歇有氧运动能改善基础代谢率的原因之一。单次运动训练后相关激素水平的变化也可能导致基础代谢率升高,Brisson GR^[15]发现单次 80% $\text{VO}_{2\text{max}}$ 的有氧运动后血睾酮水平显著升高,血睾酮对机体代谢有重要作用,能通过增加蛋白质合成等提高机体代谢水平^[16],从而改善基础代谢率。有研究证实单次运动会致 Mfn2 基因表达显著增加,Mfn2 基因表达增加是细胞对能量需求增多的快速应答反应^[17-18],会加快葡萄糖氧化,增强细胞呼吸作用^[19-20],也会使单次高强度抗阻和单次高强度间歇有氧运动后基础代谢率显著增加。与单次高强度间歇有氧运动相比,单次高强度抗阻训练更能显著改善基础代谢率,可能是与有氧运动相比抗阻训练对骨骼肌的刺激更直接^[21],这样就使单次高强度抗阻训练后肌纤维的分解与合成活动更强,导致基础代谢率的增加更显著。血睾酮的分泌会受到运动负荷量,运动持续时间等的影响,短时间的爆发式极限运动更有利于运动后血睾酮的增加^[22],因此,与单次高强度间歇有氧运动相比可能单次高强度抗阻训练的运动特点更有利于运动后血睾酮的分泌,所以更能显著提高基础代谢率。而 Bonfanti^[23]却指出饮食控制联合抗阻或有氧运动后,受试者基础代谢率反而降低,这可能与控制饮食后能量摄入减少而导致基础代谢率下降有关。

单次高强度抗阻和单次高强度间歇有氧运动对基础代谢率的影响具有时间性,运动后 12h 基础代谢率明显升高,而 24h 后基础代谢率则无明显变

化。孙卫东等^[24]通过研究发现 Mfn2 基因表达在一次急性运动后的恢复期会呈现类似超量恢复的时相性变化,即单次抗阻和有氧运动后 Mfn2 基因表达会先升高后逐渐回归至原水平,这就会使单次运动训练后机体的基础代谢率出现一定时间段内升高后恢复至运动前水平的改变。有研究发现,59—77 岁的受试者进行单次膝关节屈伸和卧推哑铃的抗阻训练,之后 48h 的基础代谢率依然显著增高^[13],可能试验运动到的肌群更广泛,也可能受试者年龄较大平时运动量较低,一次运动训练后机体的反应更持久。

此次试验是观察单次高强度抗阻训练和单次高强度间歇有氧运动后基础代谢率的变化,两种运动方式对基础代谢率影响的结果分析尚有不足,运动过程中的能量消耗量、参加运动的肌群数等监测指标尚待分析。长期运动方案下抗阻训练和有氧运动对基础代谢率的作用也有待进一步研究。

参考文献

- [1] 刘燕萍,陈伟,毛德倩.间接测热法测定北京成年居民基础代谢率及与身体成分的相关性[J].协和医学,2013,4(1):11—14.
- [2] Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health[J]. Curr Sports Med Rep, 2012, 11(4):209—216.
- [3] Chaston TB, Dixon JB. Factors associated with percent change in visceral versus subcutaneous abdominal fat during weight loss: findings from a systematic review[J]. Int J Obes (Lond), 2008, 32(4):619—628.
- [4] Strasser B, Siebert U, Schoberberger W, et al. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism[J]. Sports Medicine, 2010, 40(5):397—415.
- [5] 毛德倩,黄承钮,刘小立,等.中国成年人基础代谢率研究[J].营养状况调查和评价,2013,(5):267—230.
- [6] Lopes AL, T Fayh AP, de Souza Campos LG, et al. The effects of diet- and diet plus exercise-induced weight loss on basal metabolic rate and acylated ghrelin in grade 1 obese subjects[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2013, (6):469—475.
- [7] 张亚军,陈佩杰,王茹.肥胖青少年基础代谢率实测值与公式推测值的一致性研究[J].中国运动医学杂志,2012,31(4):299—330.
- [8] 戴剑松,孙颀.体力活动测量方法综述[J].体育科学,2005,25(9):69—75.
- [9] 朱琳,陈佩杰.能量消耗测量方法及其应用[J].中国运动医学杂志,2011,30(6):577—582.
- [10] 李百通,刘玉娇.有氧运动和抗阻训练对肥胖女大学生体成分、身体形态及身体素质指标的影响[J].运动,2013,(64):39—40.
- [11] Larsen I, Welde B, Martins C, et al. High- and moderate-intensity aerobic exercise and excess post-exercise oxygen consumption in men with metabolic syndrome[J]. Scand J Med Sci Sports, 2014, 24(3):e174—179.
- [12] Hambre D, Vergara M, Lood Y, et al. A randomized trial of protein supplementation compared with extra fast food on the effects of resistance training to increase metabolism [J]. Scand J Clin Lab Invest, 2012, 72(6):471—478.
- [13] Williamson DL, Kirwan JP. A single bout of concentric resistance exercise increases basal metabolic rate 48 hours after exercise in healthy 59-77-year-old men[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 1997, 52(6):M352—355.
- [14] Burt DG, Lamb K, Nicholas C, et al. Effects of exercise-induced muscle damage on resting metabolic rate, sub-maximal running and post-exercise oxygen consumption[J]. Eur J Sport Sci, 2014, 14(4):337—344.
- [15] Brisson GR. Pituitary gland axis in exercise men[J]. Med Sci Sports, 1977, (9):47.
- [16] 张颖,张立.血睾酮与运动[J].武汉体育学院学报,2005,39(3):58—62.
- [17] Cartoni R, Léger B, Hock MB, et al. Mitofusins 1/2 and ERRalpha expression are increased in human skeletal muscle after physical exercise[J]. J Physiol, 2005, 567(Pt 1):349—358.
- [18] 漆正堂,郭维,张媛,等.不同运动方式对大鼠骨骼肌线粒体融合分裂基因及 Mfn2、Drp1 蛋白表达的影响[J].中国运动医学杂志,2011,30(2):143—148.
- [19] Chen H, Chomyn A, Chan DC. Disruption of fusion results in mitochondrial heterogeneity and dysfunction[J]. J Biol Chem, 2005, 280(28):26185—26192.
- [20] Bach D, Pich S, Soriano FX, et al. Mitofusin-2 determines mitochondrial network architecture and mitochondrial metabolism. A novel regulatory mechanism altered in obesity[J]. J Biol Chem, 2003, 278(19):17190—17197.
- [21] Kadoğlu NP, Fotiadis G, Athanasiadou Z, et al. The effects of resistance training on ApoB/ApoA-I ratio, Lp(a) and inflammatory markers in patients with type 2 diabetes [J]. Endocrine, 2012, 42(3):561—569.
- [22] 许澜.雄激素与运动的关系[J].湖北体育科技,2006,25(1):29—30.
- [23] Bonfanti N, Fernández JM, Gomez-Delgado F, et al. Effect of two hypocaloric diets and their combination with physical exercise on basal metabolic rate and body composition [J]. Nutr Hosp, 2014, 29(3):635—643.
- [24] 孙卫东,丁虎,刘晓然,等.骨骼肌线粒体对细胞能量需求的快速应答:mfn1/2 与 fis1 基因在急性运动中的动态表达[J].中国运动医学杂志,2008,27(5):544—550.