

高强度间歇训练对跑步爱好者有氧能力影响的实证研究

肖梅^{1,2} 徐晓阳¹

1 华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510631

2 汕头职业技术学院, 广东 汕头 515078

[摘要]目的: 功能性体能训练在我国竞技体育领域已经得到广泛的认可,但在群众体育领域中却较少涉及,文中通过对跑步爱好者进行12周功能性体能训练结合高强度间歇训练,分析探讨功能性体能训练结合高强度间歇训练方案对跑步爱好者有氧能力的影响。方法: 将24名跑步爱好者随机平均分为两组,实验组(n=12)进行功能性体能训练结合高强度间歇训练,对照组(n=12)进行中等强度持续训练,总运动时间为12周,每周三次。训练开始前和结束后分别采用身体成分测试仪进行身体成分测试;采用跑步机和气体代谢分析仪进行有氧能力测试。结果:(1)经过12周训练,实验组体重和骨骼肌量显著性增加($P < 0.05$),体脂率下降($P > 0.05$);对照组体重显著性增加($P < 0.05$)。(2)实验组无氧阈摄氧量显著性提高($P < 0.05$),无氧阈摄氧量无氧阈速度非常显著性提高($P < 0.01$);对照组指标有小幅度的提高但无显著性差异。(3)实验组最大摄氧量速度显著性提高($P < 0.05$);最大摄氧量速度下的每公里耗氧量显著性降低($P < 0.05$);力竭最高速度显著提高($P < 0.05$);对照组指标均无显著性变化。结论: 功能性体能训练结合高强度间歇训练较之中等强度持续训练能够更好改善业余跑步爱好者身体成分,提高无氧阈摄氧量和无氧阈速度,改善最大摄氧量相关指标,提高跑步动作经济性,达到提高业余跑步爱好者的有氧能力的目的。

[关键词]功能性体能训练;高强度间歇训练;有氧能力

DOI: 10.33142/fme.v3i1.5459

中图分类号: R87

文献标识码: A

Empirical Study on the Effect of High Intensity Interval Training on Aerobic Ability of Runners

XIAO Mei^{1,2}, XU Xiaoyang¹

1 School of Physical Education & Sports Science, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong, 510631, China

2 Shantou Polytechnic, Shantou, Guangdong, 515078, China

Abstract: Objective: functional physical training has been widely recognized in the field of competitive sports in China, but it is less involved in the field of mass sports. This paper analyzes and discusses the impact of functional physical training combined with high-intensity intermittent training on the aerobic ability of runners through 12 weeks of functional physical training combined with high-intensity intermittent training. Methods: 24 runners were randomly divided into two groups. The experimental group (n = 12) received functional physical training combined with high-intensity intermittent training, and the control group (n = 12) received medium-intensity continuous training. The total exercise time was 12 weeks, three times a week. Before and after the training, the body composition tester was used to test the body composition; The aerobic capacity was tested by treadmill and gas metabolism analyzer. Results: 1) after 12 weeks of training, the body weight and skeletal muscle mass of the experimental group increased significantly ($P < 0.05$), and the body fat rate decreased ($P > 0.05$); The weight of the control group increased significantly ($P < 0.05$). 2) In the experimental group, the anaerobic threshold oxygen uptake was significantly increased ($P < 0.05$), and the anaerobic threshold oxygen uptake and anaerobic threshold speed were significantly increased ($P < 0.01$); The indexes of the control group increased slightly, but there was no significant difference. 3) The maximal oxygen uptake rate in the experimental group increased significantly ($P < 0.05$); The oxygen consumption per kilometer decreased significantly at the maximum oxygen uptake rate ($P < 0.05$); The maximum speed of exhaustion increased significantly ($P < 0.05$); There was no significant change in the indexes of the control group. Conclusion: functional physical training combined with high-intensity intermittent training can better improve the body composition of amateur runners, increase anaerobic threshold oxygen uptake and anaerobic threshold speed, improve the related indicators of maximum oxygen uptake, improve the economy of running, and achieve the purpose of improving the aerobic ability of amateur runners.

Keywords: functional physical training; high intensity interval training; aerobic capacity

引言

目前,跑步已成为大众健身最主要的运动形式之一,全国超过2亿体育人群,人们参与最多的运动项目就是跑

步^[1]。跑步锻炼受到了越来越多的人们的喜欢,很多的跑步爱好者以参加马拉松赛事为奋斗目标。长距离跑步属于典型的有氧代谢供能系统参与的耐力型项目,距离长耗时

多, 能量物质以碳水化合物和脂肪为主。对于跑者来说, 最大摄氧量、跑步经济性和乳酸阈发展这三种能力是提高运动成绩的关键^[2]。长距离跑步是高负荷高强度运动, 运动中需要下肢肌肉反复收缩来提供动力, 完成周期性的跑步动作, 对跑者的身体尤其是下肢受力部位造成的累积应力增加, 业余跑者承受着每年 37%~56% 的损伤发生率, 其中发生下肢运动损伤的概率较高^[3-5], 增强肌肉力量尤其是下肢肌肉力量对预防损伤非常重要。

功能性体能训练是提高运动员跑、跳、爬等人类基本运动能力并运用到竞技训练领域的一系列活动, 对于非运动员来讲, 功能性体能训练则主要用于运动损伤的恢复和预防^[6]。功能性训练早期应用在康复和物理治疗范围, 主要针对有运动功能障碍人群或者术后康复的患者。在康复和物理治疗的过程中, 功能性训练主要通过平衡性练习来提高病人脊柱的稳定性, 通过本体感受练习来改善和提高神经肌肉系统的控制能力。20 世纪 90 年代后, 功能性训练经过不断发展与演变, 因其对神经肌肉系统的改善作用, 从最初的康复治疗领域逐渐走向竞技体育, 为了区分康复和竞技领域功能性训练, 又将其定义为“功能性体能训练”。2006 年我国才意识到体能的重要性, 功能性体能训练走进国门迅速发展, 并且对功能性体能训练从宏观的理论认识提升为科学的实践研究^[7]。功能性体能训练应用在竞技体育中已经比较成熟, 但是在国内大众健身领域实证方面的研究还值得我们进一步深入的探究。高强度间歇训练是间歇训练中的一种训练形式, 严格控制负荷时间和间歇时间使受训者机体在不完全恢复的状态下进行多次训练, 通过对训练时长和组间间隔时长进行严格把控, 由于训练持续时间长、训练方式选择多、训练效果好, 在大众健身领域得到推广。

为了能够让业余跑步爱好者感受专业的长跑训练, 并传播安全、科学、高效的长跑练习方法, 由跑步爱好者组建公益跑团, 以提高身体机能水平为最终目标, 进行了为期 12 周每周 3 次的功能性体能训练结合高强度间歇训练, 并与以传统的中强度持续训练为主的业余跑步爱好者进行了比较。通过对业余跑者身体成分、无氧阈和最大摄氧量指标的测定与分析, 评定跑者的身体机能状况, 掌握第一手资料, 为进一步探讨功能性体能训练对跑步爱好者身体机能的影响, 为寻找更有效的训练方法提供一些有益的尝试。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

参加有氧能力测试的实验组和对照组人数均为 12 人, 实验组年龄的平均值±标准差为 33.5±6.2 岁, 对照组为 35.8±4.0 岁, 二者的各项条件无显著差异。所有跑友的跑步练习年限均在 2 年以上, 并参加过至少 1 次全程马拉松跑。参加实验的受试者均提交体检证明, 身体健康, 无运动损伤及其他生理病变, 无不良嗜好, 可以按时参加正

常的训练活动并保证在非组织训练期间不参与其他任何有强度负荷的训练和大体力的体力劳动防止出现干扰。表 1 为实验组及对照组的年龄、身高、体重、跑步年龄、全马成绩基本情况一致, 在统计学意义上不具有明显的差异。

表 1 实验组和对照组跑步爱好者基本情况

组别 (n=12)	年龄(y)	身高(cm)	体重(kg)	跑龄(y)	全马成绩 (min)
实验组	33.5±6.2	171.21±5.2	76.58±6.4	3.2±0.43	231.02±6.18
对照组	35.8±4.0	173.13±4.1	78.46±5.6	3.5±0.59	229.31±8.42

1.2 运动方案

(1) 实验组功能性体能训练方案:

实验组进行 12 周每周三次的功能性体能训练, 功能性体能训练计划详见表 2。

第一阶段训练方案: 第 1 周至第 6 周, 这个阶段的训练目的是: 改善身体成分、改善力量素质和有氧耐力。训练重点是: 建立正确的动作模式同时发展身体基本运动功能、改善身体灵活性与稳定性、纠正错误动作以及预防损伤练习。采用的主要训练手段是: 身体灵活性、稳定性训练、身体柔韧性训练、基本动作模式训练、基础核心力量训练、有氧耐力训练、基础力量训练。功能性体能训练整体训练负荷为 10-15RM, 组数为 3 组, 每组训练次数为 10-15 次。

第二阶段训练方案: 第 7 周至第 12 周, 这个阶段的训练目的是: 发展有氧、无氧耐力训练、提高速度素质、较大负荷的全身力量训练, 注重动作质量, 注重体能转化专项能力。训练重点是: 发展身体的一般运动能力, 将训练内容与马拉松比赛所需要能量代谢以及体能转化专项能力相结合。采用的主要训练手段是: 身体稳定性训练、核心力量、有氧和无氧耐力训练、速度训练、协调训练、全身整体力量训练。功能性体能训练整体训练负荷 8-10RM, 训练组数为 3 组, 每组训练次数为 8-10 次。

表 2 实验组功能性体能训练方案

训练安排	第一阶段 (1-6 周)	第二阶段 (7-12 周)
时间	每周二、四、六下午	每周二、四、六下午
训练准备	软组织按压、核心激活、臀肌激活、肩部激活、髋关节四方伸展、动态拉伸 (15 分钟)	软组织按压、核心激活、臀肌激活、肩部激活、髋关节四方伸展、动态拉伸 (15 分钟)
力量训练	高脚杯深蹲、俯卧撑、硬拉、仰卧平拉、负重弓箭步 (30 分钟)	下蹲跳、哑铃快速推举、踝关节 Ploy 反弹跳、站姿抗阻快速转体 (30 分钟)
核心强化	僵尸虫练习、俯卧对侧伸展、侧撑、单腿挺髋、跪撑肘膝对碰、仰卧肘膝对碰 (15 分钟)	坐姿俄罗斯转体、俯撑快速登山式、俯卧游泳打水 (15 分钟)

(2) 实验组和对照组耐力训练方案

实验组进行 12 周每周三次高强度间歇训练；对照组以传统的中等强度持续训练为主，进行 12 周每周三次每次 10 公里 65%最大摄氧量强度持续训练，耐力训练方案详见表 3。

表 3 实验组和对照组耐力训练方案

组别	运动方式	运动方案	运动时间
实验组 (n=12)	高强度间歇训练	跑步机 90%无氧阈强度跑坡度: 30 分钟 6%坡度+20 分钟 8%坡度 (50 分钟)	第 1 周至第 6 周 每周二、四、六 下午
		跑步机 95%无氧阈强度跑 6%坡度 20 分钟+95%最大摄氧量强度跑 1000m*4; 间歇 3 分钟; 最大脂肪氧化强度跑 10 分钟	第 7 周至第 12 周 每周二、四、六下午
对照组 (n=12)	中等强度持续训练	10 公里 65%最大摄氧量强度持续训练	第 1 周至第 12 周 每周二、四、六下午

1.3 测定指标

(1) 身体成分测试，身体成分在体科所生理实验室进行测试，所有的受试者早上空腹测试，以减少食物对身体成分的干扰，测试仪器为 Inbody720 身体成分测试仪器。

(2) 运动有氧能力测试方法为：在跑台(h/p/cosmos, 德国)上进行充分的热身运动后，以 7.0km/h 的速度进行 3 分钟准备活动，之后以 7.0km/h 为起始负荷，每分钟递增 1.0km/h 的形式进行递增运动，直至力竭。运动中通过气体代谢分析仪 (CORTEX Metalyzer 3B, 德国) 连续测量和分析呼气成份。以摄氧量的最大值为最大摄氧量，以递增负荷中最大摄氧量出现时的速度为最大摄氧量速度，以最大摄氧量速度出现时的心率为最大摄氧量心率；以 VE、VC02 发生激增的点为通气无氧阈，以与其相对应的摄氧量、速度、心率为无氧阈摄氧量、无氧阈速度、无氧阈心率。

1.4 数据处理

采用 SPSS22.0 进行统计分析。统计结果均以平均数±标准差(M±SD)来表示，采用单因素方差分析和独立样本 t 检验进行组间差异性的检验，以 P<0.05 为显著性水平，P<0.01 为非常显著性水平。

2 结果

2.1 12 周训练前后实验组和对照组体成分结果的比较

对照组与实验组在训练前后体成分结果的比较见表 4 和表 5。从测试结果来看，无论是对照组还是实验组，

体重均有小幅度增长，分别增长了 2.6%和 2.5%。其中，对照组体重显著增长，其中脂肪量的增长 8.6%，体脂百分比增长 9%，肌肉含量增长 1%，体重增长的主要原因是脂肪含量的增加。而实验组体重显著增长，其中肌肉量和骨骼肌量都显著增长，脂肪量和体脂百分比下降，体重增加的主要原因为肌肉量的增长。提示功能性体能训练结合高强度间歇训练中高强度持续训练更有利于提高受试者的肌肉含量减少脂肪含量。

表 4 对照组训练前后体成分结果的比较

	体重(kg)	肌肉量(kg)	骨骼肌(kg)	脂肪量(kg)	体脂百分比%
实验前测 (X)	68.6±5.8	54.6±4.2	32.6±7.8	10.8±1.2	15.1
实验后测 (Y)	70.3±6.1*	55.2±3.5	33.1±8.2	11.8±0.9	16.1
差值(Y-X)	1.75	0.55	0.46	0.93	1.37
变化率 (Y-X)/X	2.6%	1.0%	1.4%	8.6%	9.0%

注：所有表里*代表与实验前测比较具有显著性差异 P<0.05，**代表具有非常显著的差异 P<0.01。

表 5 实验组训练前后体成分结果的比较

	体重(kg)	肌肉量(kg)	骨骼肌(kg)	脂肪量(kg)	体脂百分比%
实验前测 (X)	63.8±6.7	50.3±3.2	29.9±6.8	10.5±3.6	16.7
实验后测 (Y)	65.2±7.1	51.5±2.9*	30.7±7.2*	10.2±4.3	15.6
差值(Y-X)	1.4	1.14	0.78	-0.32	-1.1
变化率 (Y-X)/X	2.1%	2.3%	2.6%	2.0%	6.5%

注：所有表里*代表与实验前测比较具有显著性差异 P<0.05，**代表具有非常显著的差异 P<0.01。

2.2 12 周训练前后实验组和对照组无氧阈相关指标变化情况的比较

对照组与实验组在 12 周训练后无氧阈相关指标变化情况的比较，分别见表 6 和表 7。可以看出，经过 12 周的训练，对照组无氧阈强度各项指标平均值虽有小幅度的提高，无氧阈相对摄氧量 (ATV02/kg) 均值增加 1.28 ml/min/kg，增加率 3.4%，实验前后相比 P>0.05 无显著性差异；无氧阈速度 (vAT) 平均提高 0.43km/h，提高率 3.5%，但无显著性差异。

经过 12 周功能性体能训练结合高强度间歇训练，实验组无氧阈摄氧量 (ATV02) 显著性增加 308.2 ml/min，增加率 12.5%；无氧阈相对摄氧量 (ATV02/kg) 增加 3.1 ml/min/kg，增加率 8%；在心率不变的情况下，无氧阈速

度 (vAT) 提高了 10.1%，并具有非常显著性差异。究其原因，主要可能源于两方面的原因。一是心脏泵血机能的加强，二是机体乳酸消除能力和机体对乳酸的耐受能力的加强。在无氧阈速度提高了 10.1% 的情况下，无氧阈心率 (HRAT) 并无显著变化，可以看作在同等速度下，心率下降了 10%。而一个人在同等速度下心率下降的原因主要有两个方面，一是动作经济性的提高，二是心脏泵血机能的加强，也就是心脏容量和心肌力量的改善。而作为乳酸产生和乳酸消除速度的平衡点无氧阈速度的高低，则主要决定于肌肉的有氧代谢能力、动作经济性和对运动产生的乳酸的消除能力。从本次测试结果来看，实验组的最大摄氧量、无氧阈速度下的每公里耗氧量 (ATVO₂/vAT) 均未发生显著改变，所以可以认为，同等速度下心率的下降，主要源于心脏容量和心肌力量的改善，而无氧阈速度的提高，则主要源于乳酸消除能力的提高。

表 6 对照组训练前后无氧阈相关指标的比较

	ATVO ₂ ml/min	ATVO ₂ /kg ml/min/kg	HRAT bpm	vAT km/h	ATVO ₂ /vAT ml/kg/km
实验前测 (X)	2607.2	38.2	163.6	12.3	185.3
实验后测 (Y)	2761.1	39.5	167.5	12.8	185.2
差值 (Y-X)	153.92	1.28	3.92	0.43	-0.05
变化率 (Y-X)/X	5.9%	3.4%	2.4%	3.5%	0%

注：ATVO₂ 无氧阈摄氧量；ATVO₂/kg 无氧阈相对摄氧量；HRAT 无氧阈心率；vAT 无氧阈速度；ATVO₂/vAT 无氧阈速度下的每公里耗氧量，代表跑步经济性。

表 7 实验组训练前后无氧阈相关指标的比较

	ATVO ₂ ml/min	ATVO ₂ /kg ml/min/kg	HRAT bpm	vAT km/h	ATVO ₂ /vAT ml/kg/km
实验前测 (X)	2457.1	38.9	170.1	12.1	193.3
实验后测 (Y)	2765.3 *	42.0	171.4	13.4**	188.5
差值 (Y-X)	308.2	3.1	1.3	1.23	-4.8
变化率 (Y-X)/X	12.5%	8.0%	0.8%	10.1%	-2.5%

注：所有表里*代表与实验前测比较具有显著性差异 P<0.05，**代表具有非常显著的差异 P<0.01。

2.3 12 周训练前后实验组和对照组最大摄氧量相关指标的比较

对照组与实验组在 12 周训练前后最大摄氧量相关指标的比较分别见表 8 和表 9。可以看出，经过 12 周的训练，对照组的大部分指标无显著变化，而达到力竭时的最

高速度还出现了小幅下降。

实验组最大摄氧量速度 (vVO₂max) 提高 0.6km/h，提高率 4%；最大摄氧量速度下的每公里耗氧量比值显著性减少 14.2，减少率 7.2%。虽然最大摄氧量 (VO₂max) 并未发生显著变化，但最大摄氧量速度和力竭最高速度都显著性提高，同等心率下的对应速度显著提高，且最大摄氧量速度下的每公里耗氧量 (VO₂max/vVO₂max) 显著降低，说明实验组在高强度下的心脏泵血能力和高强度下的跑步动作经济性均有一定幅度的提高。

表 8 对照组训练前后最大摄氧量相关指标的比较

	VO ₂ m ax ml/min	VO ₂ max/ kg ml/min/kg	HR VO ₂ m ax bpm	vVO ₂ m ax km/h	Maximu m Speed km/h	HRm ax bpm	VO ₂ max/vVO ₂ max ml/kg/km
实验前测 (X)	3590.6	52.5	189.2	16.7	17.4	194.1	188.5
实验后测 (Y)	3526.3	51.1	188.6	16.3	16.7	191.0	185.1
差值 (Y-X)	-64.33	-1.4	-0.58	-0.38	-0.73	-3.08	-3.39
变化率 (Y-X)/X	-1.8%	-2.6%	-0.3%	-2.3%	-4.2%	-1.6%	-1.8%

注：VO₂max 最大摄氧量；VO₂max/kg 最大摄氧量相对值；HR VO₂max 最大摄氧量时的心率；vVO₂max 最大摄氧量的速度；Maximum Speed 最大速度；HRmax 最大心率；VO₂max/vVO₂max 最大摄氧量速度下的每公里耗氧量。

表 9 实验组训练前后最大摄氧量相关指标的比较

	VO ₂ m ax ml/min	VO ₂ max/ kg ml/min/kg	HR VO ₂ m ax bpm	vVO ₂ m ax km/h	Maximu m Speed km/h	HRm ax bpm	VO ₂ max/vVO ₂ max ml/kg/km
实验前测 (X)	3325.2	52.3	189.2	15.9	16.5	192.3	198.0
实验后测 (Y)	3330.8	5.7	187.3	16.5*	17.0*	189.9*	183.8*
差值 (Y-X)	5.7	3.4	-1.8	0.6	0.6	-2.4	-14.2
变化率 (Y-X)/X	0.2%	6.5%	-1.0%	4.0%	3.5%	-1.3%	-7.2%

注：所有表里*代表与实验前测比较具有显著性差异 P<0.05，**代表具有非常显著的差异 P<0.01。

3 分析与讨论

人体运动学是基于肌肉系统活动的来研究运动，没有肌肉是真正地孤立工作，美国运动医学^[8]会认为功能性训

练主要是将人体各关节以链的形式在多平面进行动作练习,其中包括运动中得到加速、减速以及身体稳定性控制。在12周训练中,每节训练课前都要进行筋膜松解(泡沫轴软组织激活)、核心激活,强化各关节的灵活性或稳定性,然后利用整合动作进行臀肌激活、动态拉伸、神经激活,通过神经、肌肉、关节三个系统激活使跑者快速进入训练状态,提高训练效果以及减少运动损伤。训练课结束后都进行恢复与再生练习,通过肌肉的牵拉、筋膜的滚压等方法,帮助跑者在训练中受损的肌组织加速恢复。功能性体能训练第一阶段为期六周,主要围绕着身体的基本功能以及基础力量进行安排,改善跑者身体的灵活性与稳定性,纠正错误动作,针对个体软链环节进行的预防运动损伤训练和较低负荷的力量训练。每一节训练课内容不完全相同,根据实验组受试者的运动能力的提高,相应的提高运动负荷和运动强度,从基础力量的15RM负荷逐渐增加到10RM,增加肌肉含量,提高力量素质,到第三周逐步全部稳定在10RM负荷,为之后的高强度训练打下基础。这一阶段的训练反馈是,队员的弱链环节的预康复训练有效的减少了运动损伤的发生,队员关节灵活性和稳定性都明显提高。功能性体能训练第二阶段,主要围绕着身体一般运动功能训练以及下肢专项力量进行安排,体能训练课中以力量练习为主体。训练负荷从8RM,练到10RM调整负荷强度,循环往复。这一阶段的训练反馈是下肢的最大力量和爆发力都有显著提高。实验组队员在12周训练周期中无一例运动损伤发生,基本保证按照既定的训练计划执行,出勤率达到95.8%。而反观对照组队员虽然训练强度没有实验组高,但有4名队员发生运动损伤,损伤发生率33.3%,其中下肢损伤92.1%,训练课出勤率72.3%。说明功能性体能训练改善全身运动能力和预防运动损伤发生,保障训练计划的完成。

在本研究中经过12周训练实验组队员的身体成分训练前后变化情况显示,体重显著性增加($P < 0.05$),骨骼肌含量显著性增加($P < 0.05$),体脂百分比显著性下降($P < 0.05$)。对照组队员体重显著性增加($P < 0.05$),骨骼肌含量和脂肪含量有小幅度增加,但训练前后没有显著性的差异。在运动机能评价中最大摄氧量常用最大相对摄氧量(V_{O2max}/kg),即最大摄氧量与体重的比值来表示。个体相对摄氧量可以对运动个体有氧耐力水平进行更加准确的评价。最大相对摄氧量的计算中,体重是影响个体相对最大摄氧量的主要因素。训练对体重的影响主要表现在身体骨骼肌含量和脂肪含量的改变。有研究发现高强度间歇训练能够有效改善骨骼肌中的糖代谢过程,有利于增加肌肉含量^[9]。有研究者认为超过85% V_{O2max} 强度的训

练,糖是最主要的供能物质,脂肪几乎不参与供能,因此经常参加超过85% V_{O2max} 强度的训练并不能消耗更多的脂肪^[10-11]。有研究得出相反的结果,发现高强度间歇训练躯干脂肪没有减少反而有小幅度的增加,认为中等强度持续训练比高强度间歇训练更利于躯干脂肪的减少^[12]。本研究中功能性体能训练结合高强度间歇训练,实验组比对照组骨骼肌量增加量更多,体脂率下降更快。体脂率的显著减少可能是因为在训练的过程中机体燃烧脂肪供能能力提高,游离脂肪酸供能速率也得到提高。其体成分比例向着更有利于长时间耐力运动,促进有氧氧化能力的提高。

无氧阈被形象的喻为心肺功能的显示器,是评价中长跑运动员有氧能力的一项非常可靠的生理指标,有经验的教练员通过无氧阈就可以有效预测运动员的有氧能力。跑步经济性与中长跑运动成绩有较高的相关性,是体现有氧能力的重要指标,受遗传因素影响较小,相同最大摄氧量的两个运动员谁的跑步经济性较好理论上来说谁的运动成绩就较好,而且通过训练可以有效地提高。有研究表明,在摄氧量相同情况下,跑步经济性好的运动员可以承受更高的运动强度^[13]。研究证明随着运动成绩的增长,最大摄氧量不再增长达到平台期,但无氧阈和跑步经济性仍可以继续通过训练得到提高^[14]。本研究结果表明,经过12周的功能性体能训练结合高强度间歇训练,实验组队员无氧阈摄氧量($ATVO_2$)显著性增加308.2 ml/min,增加率12.5%;无氧阈相对摄氧量($ATVO_2/kg$)增加,增加率8%;在心率不变的情况下,无氧阈速度(vAT)提高了10.1%,并具有显著性差异。在无氧阈速度提高了10.1%的情况下,无氧阈心率($HRAT$)并无显著变化,可以看作在同等速度下,心率下降了10%。而一个人在同等速度下心率下降的原因主要有两个方面,一是动作经济性的提高,二是心脏泵血机能的加强,也就是心脏容量和心肌力量的改善。

经过12周的训练干预,虽然最大摄氧量(V_{O2max})并未发生显著变化,但最大摄氧量速度和力竭最高速度都显著性提高,同等心率下的对应速度显著提高,且最大摄氧量速度下的每公里耗氧量(V_{O2max}/vV_{O2max})显著降低,说明实验组在高强度下的心脏泵血能力和高强度下的跑步动作经济性均有一定幅度的提高。从本实验结果发现高强度间歇训练比中等强度持续训练更有利于业余跑步爱好者最大摄氧量相关指标的提高。我们认为无论从专业长跑运动员来看,还是从业余马跑步爱好者来看,中低强度长跑训练对竞技能力的提高帮助有限,且训练年限越长,产生的训练效应越小。对于快速提高成绩,无氧阈强度训练和最大摄氧量训练不仅适用于专业运动员,也非常适合

于业余马跑步爱好者。业余跑步爱好者进行中高强度训练,需要一个循序渐进的过程,可以从90%无氧阈强度训练开始,适应6~8次后再提高到100%强度。由于业余马跑步爱好者负荷承受能力较弱,且恢复手段有限,在进行常规训练时,应注意以下几点:一次大强度课训练时间应控制在15~30分钟;两次大强度训练课之间应间隔48小时。对于业余马跑步爱好者,一周2~3次中高强度训练可以有效地提高其长跑能力。而两次强度课之间,可以安排以减脂和加快恢复为目的的低强度训练。一周2~3次的无氧阈训练,应在6周后至少安排休息调整1周。

4 结语

12周功能性体能训练结合高强度间歇训练能:(1)实验组体重和骨骼肌量显著性增加($P<0.05$)、减少体脂率;对照组体重显著性增加($P<0.05$)。(2)实验组显著性提高无氧阈摄氧量($P<0.05$),非常显著性提高无氧阈摄氧量无氧阈速度($P<0.01$);对照组有小幅度的提高但无显著性差异。(3)实验组最大摄氧量速度显著性提高($P<0.05$);最大摄氧量速度下的每公里耗氧量显著性降低($P<0.05$);力竭最高速度显著提高($P<0.05$);对照组指标均无显著性变化。本研究表明功能性体能训练结合高强度间歇训练较之中等强度持续训练能够有效改善业余跑步爱好者身体成分,提高无氧阈摄氧量和无氧阈速度,改善最大摄氧量相关指标,提高跑步动作经济性,达到提高业余跑步爱好者的有氧能力的目的。

基金项目:广东省科技专项资金项目(2019ST080)。

[参考文献]

- [1]国家体育总局体育信息中心.2001年中国群众体育现状调查结果报告[M].北京:国家体育总局,2002:1-3.
- [2]宋小荣,陈伟强.论马拉松运动项目的生理学特征[J].

田径,2013(3):38-43.

[3]Mechelen W V. Running injuries. A review of the epidemiological literature. [J]. Sports Medicine, 1992, 14(5): 320-335.

[4]肖梅. 马拉松运动损伤的预防康复措施研究[J]. 南方职业教育学刊, 2018(1): 107-113.

[5]陈培航,毕攀. 杭州山地马拉松赛运动损伤情况及影响因素分析[J]. 中国运动医学杂志, 2016, 35(6): 557-560.

[6]王安利. 运动损伤预防的功能训练[M]. 北京:北京体育大学出版社, 2013.

[7]闫琪. 功能性体能训练在我国的发展[J]. 中国体育教练员, 2011, 19(4): 34-36.

[8]Skelly L E, Andrews P C, Gillen J B, et al. High-intensity interval exercise induces 24-h energy expenditure similar to traditional endurance exercise despite reduced time commitment[J]. Applied Physiology Nutrition & Metabolism, 2014, 39(7): 845-848.

[9]Achten J, Jeukendrup A E. Maximal Fat Oxidation During Exercise in Trained Men[J]. International Journal of Sports Medicine, 2003, 24(8): 603-608.

[10]Yaqoob U, Faizan -ul-Haq, Khan M M A. Cycling vs Running-An in-depth analysis[J]. Internal Medicine And Medical Investigation Journal, 2018, 3(3): 190.

[11]张迪. 对国家优秀男子马拉松运动员最大摄氧量和无氧阈测试的研究[J]. 吉林体育学院学报, 2008, 24(6): 69-70.

作者简介:肖梅(1973-)女,副教授,在读博士研究生,主要研究方向为运动生化与营养;徐晓阳(1961-)女,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为运动生化与营养。