

## “打击-轮换”训练法在网球底线击球训练中的实验研究

沈佳丽<sup>1</sup>, 田青<sup>2</sup>, 黄超<sup>2</sup>

(1. 同济大学 体育教学部, 上海 200092; 2. 上海市杨浦区少体校, 上海 200092)

**摘 要:** 运用“打击-轮换”声控训练法, 对上海市杨浦区少体校网球运动员进行为期 1 年的训练后发现, 运动员的心率、最大摄氧量、公斤体质量最大摄氧量、呼吸商、代谢当量、能量代谢方式均发生明显变化, 测试冲关数、测试底线击球数、底线击球成功率都有了较大的提高。研究表明“打击-轮换”声控训练法, 能有效提高专业网球运动员的心肺功能和底线有氧击球运动能力, 并且运动员的有氧运动能力与运动水平成正比, 有氧运动能力强时底线跑动击球能力就强, 底线击球成功率也高。

**关 键 词:** 运动生理学; 运动训练; 底线跑动, 击球成功率; 打击-轮换; 摄氧量; 能量代谢; 网球  
中图分类号: G804.2 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2013)02-0091-04

### An experimental study of the “hit and run” training method applied in baseline tennis ball hitting training

SHEN Jia-li<sup>1</sup>, TIAN Qing<sup>2</sup>, HUANG Chao<sup>2</sup>

(1. Department of Physical Education, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Sports School of Yangpu District, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** By applying the acoustically controlled “hit and run” training method, the authors provided one-year training for tennis players in the Youth Sport School in Yangpu district of Shanghai, and revealed the following findings: when the acoustically controlled “hit and run” training method was applied, the players’ heart rate, maximum oxygen intake, oxygen intake per kg, respiratory quotient, metabolic equivalent and energy metabolism manner changed significantly, their tested performance level reaching count, tested baseline ball hitting count, baseline ball hitting success rate and baseline aerobic ball hitting capacity were improved significantly. The study showed that the acoustically controlled “hit and run” training method could effectively improve professional tennis players’ heart and lung functions and baseline aerobic ball hitting capacity, and that their aerobic sports capacity was in direct proportion to their sports performance: when their aerobic sports capacities were high, their baseline running and ball hitting capacities were high, and their baseline ball hitting success rate was high too.

**Key words:** sports physiology; sports training; baseline running; ball hitting success rate; hit and run; oxygen intake; energy metabolism; tennis

现代网球运动速度越来越快、力量越来越大、角度越来越精准, 无疑是体育科技高速发展的结果, 与此同时, 对运动员也提出了更高的要求。2012 年澳大利亚网球公开赛决赛大卫·德约科维奇与拉斐尔·纳达尔的对决耗时 5 h 53 min, 其中在第 5 盘第 9 局第 1 分的争夺中, 德约科维奇跑了 96 m, 这对两位同是底线型打法运动员的底线击球能力提出了高要求, 底线

击球能力的强弱、击球质量的好坏, 直接影响到比赛的结果。而青少年网球运动员的击球速度、力量相差无几, 那么底线击球型打法是其最佳击球模式, 底线回击球的质量、稳定性往往就决定其比赛成败。

目前国内外对网球运动员底线击球的单个技术动作都有较多的点评及训练方法, 而对运动员多回合、长时间底线击球训练的专项训练法甚少。本研究借助

收稿日期: 2012-05-01

基金项目: 同济大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(1430219024); 上海市体育科技腾飞项目(10TF006)。

作者简介: 沈佳丽 (1983-), 女, 讲师, 德国埃森-杜伊斯堡大学博士研究生, 研究方向: 网球运动训练学。

德国网球专家、波鸿-鲁尔大学体育部教授费劳蒂(Alexander Ferrauti)在DTB(德国网球协会)和IFT(国际网协)的支持下,依据MFT开发的一套针对网球运动员底线击球能力的测试训练法进行1年的“打击-轮换”声控训练实验。现将实验结果报告如下。

## 1 研究对象及方法

### 1.1 研究对象

上海市杨浦区少体校网球运动员,男,1998年8月出生,国家二级运动员,球龄5年,每周9.5h的训练强度,选用王子系列球拍,东方式握拍,底线型打法。

### 1.2 实验方法

#### 1)实验时间。

本研究从2010年10月开始着手实验教学方案的设定,包括对队员底线运动能力的评价、底线击球效果的评判、有氧运动能力的测试等。2011年4月第一次对实验对象进行“打击-轮换”的声控训练实验的测试,而后同年的7、10月,以及2012年1、4月进行定期测试。实验对象每周训练时间为9h,每周一至周五训练时间为16:30-18:00,周六09:00-11:00,并从实验第1天起,针对实验对象的实际情况,每周调整训练手段。

“打击-轮换”的声控训练网球测试,采用声音提示来引导运动者底线击球,被试者从底线中点开始,通过声音控制节奏,针对网球运动员底线移动击球模拟测定运动员底线击球能力,并提高底线击球能力的训练方法。①目标在于,尽可能长时间的跟住由CD播放的信号音,击球动作必须在听到信号的同时完成,通过有限次的中断进行,最终达到极限,根据冲关的级数、正反拍底线的有效击球数来评判底线击球的能力。

#### 2)实验过程。

(1)被试者佩戴芬兰产的750型POLAR遥测心率仪,佩戴意大利产的K4b2气体代谢系统,在网球场底线中点开始,根据声控音乐的指令,用并步或者交叉步移动在两个距离正好是11m的标志物(摆球)间,在听到音乐信号的瞬间,完成一次大力正手或者反手击球,挥拍击球结束仍然移动回到底线中点。

(2)被试者的准备姿势或开始姿势是从网球场底线中点开始,每级测试开始都有3s倒计时,紧接着有“正手”或者“反手”的指示,被试者根据提示被要求无规律地在正手和反手击球之间转换击球模拟,其中,信号的时间间隔即提示口令逐级减小(即第1级从中点开始到击完第一个动作再回到中点,时间4.9s,紧接着进行第2个击球动作,同样也是4.9s;第2级的时间间隔为4.8s,依次递减,从4.9s减小到3.0s,

共20级)。每级持续的时间在45~50s。每两级之间有10s的休息时间<sup>[1]</sup>。休息时运动员重新回到底线中点,等待下一级的开始信号。在4、8、12、16级后,都有一段20s的休息时间。每级测试结束也有3次短促的“哔”声作为信号。

#### 3)测试指标。

在实验前对实验对象进行3部分测定,第1部分基本身体机能测定,包括身高、体重、BMI(身体质量指数)、BSA(体表面积)、HR(安静心率);第2部分心肺功能测定,包括能量代谢中的最大摄氧量( $VO_{2max}$ )、公斤体质量最大耗氧量( $VO_{2max}/m$ )、代谢当量(MET);心功能参数中的心率储备(HRR)和氧脉搏( $VO_2/HR$ )<sup>[2]</sup>;肺功能参数中的运动中的通气量(VE)、呼吸频率(f)、氧通气量( $VE/VO_2$ )<sup>[3]</sup>;第3部分运动机能测定,包括底线正反拍击球成功率、参加测试冲关的级数、测试中正反拍分别完成的有效击球数。

对实验环境选取当天气温、湿度、大气压强、风向、风力、降水量值进行记录。

将2011年4月第1次的测试结果和2012年4月的最后一次测试结果进行比较,以验证本实验的效果。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生理指标的比较分析

#### 1)最大摄氧量。

根据间接测热法所设计的间接能量测定仪是测定机体能量消耗的“金标准”<sup>[4]</sup>,Cosmed K4b<sup>2</sup>(Cosmed, Rome, Italy)是一种便携式气体代谢分析仪,它利用间接测热原理,通过分析每一口气中氧和二氧化碳的含量,计算单位时间能量消耗,现已证实其可有效测量各种运动强度下的摄氧量<sup>[5]</sup>。实验表明,能量代谢中的每分钟最大摄氧量( $VO_{2max}$ )较测试前相比有了一定程度的提高,从2568 mL/min上升到2933 mL/min,出现最大摄氧量的时间上晚了312s,证明有氧运动能力在上升。

#### 2)公斤体质量耗氧量。

耗氧量与热量产生二者之间具有恒量关系,通过测量体力活动的耗氧量即能推测出能量消耗<sup>[6]</sup>。因心率与耗氧量在亚极量运动范围内呈线性关系<sup>[7]</sup>,根据Fin原理,耗氧量=心率×每搏输出量×动静脉氧差。心脏排血量是影响耗氧量的主要中枢机制,肌肉利用氧的能力是重要的外周机制<sup>[8]</sup>,瘦体重通常用来反映人体肌肉量<sup>[9]</sup>,运动员公斤体质量耗氧量在训练后都得到了较大的提高(见图1),此队员在前3级表现为训练前的每公斤体质量耗氧量稍大于训练后,基本处于相等水平,第4到第7级,训练后的每公斤体质量耗氧量明显要大于训练前,而到了第8级和第9级,又呈现出

持平,从中我们不难看出,训练后每公斤体质量耗氧量水平要好于训练前,从第10级开始,由于训练后继续在冲关,所以每公斤体质量耗氧量还在继续上升。训练前后每公斤体质量耗氧量图谱基本表现一致,训练后此队员保持高摄氧量水平时间要长于训练前,在相同强度下,训练后机体需氧量少,即吸入较少量氧气就能满足机体需要,证明其摄氧能力水平得到了提高<sup>[10]</sup>。

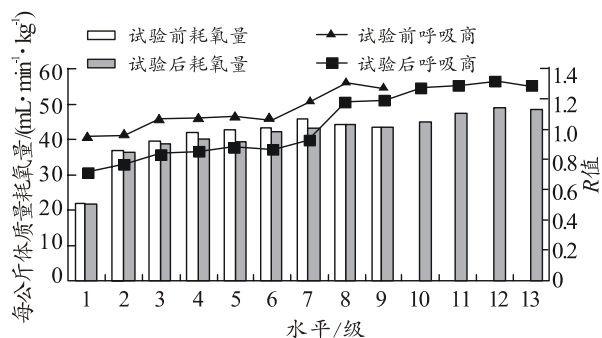


图1 训练前后各级每公斤摄氧量和呼吸商的比较

### 3)呼吸商。

呼吸商( $R$ )表示的是各种物质在体内氧化时产生的二氧化碳与消耗的氧气的容积比。糖氧化时的呼吸商为1,脂肪氧化时的呼吸商为0.71。因此,可以说呼吸商越大,表示糖氧化功能所占的比例越大。在此测试过程中,训练前从第1级开始呼吸商为0.95,低于糖氧化的呼吸商值,而后一直处于上升趋势,到第8级达到最高1.31,训练后的呼吸商图谱与训练前非常相似,但都要低于训练前,直到第8级时呼吸商达到1.18才刚刚超出了1,而后一直上升到第12级达到1.31(见图1),呼吸商的值一直在随着级别的增加而增大,表明糖氧化功能所占的比例在不断增大。呼吸商大于1.1,表明机体已经处于最大摄氧量状态,训练前运动员在第8级达到极限水平,而训练后直到第12级才到极限水平,同时达到极限水平时的呼吸商均为1.31,非常符合此队员的生理情况。

### 4)代谢当量。

代谢当量(MET)是以安静、坐位时的能量消耗为基础,反映活动时相对能量代谢水平的指标,常以 $3.5 \text{ mL}/(\text{min} \cdot \text{kg})$ 表示 $1 \text{ MET}$ <sup>[11]</sup>,通常代谢当量小于 $3 \text{ mL}/(\text{min} \cdot \text{kg})$ 属于低强度运动,在 $3 \sim 6 \text{ mL}/(\text{min} \cdot \text{kg})$ 范围属于中等强度运动,大于 $6 \text{ mL}/(\text{min} \cdot \text{kg})$ 属于高强度运动。由图2可知,此测试属于逐级递增的极限测试,该队员无论在训练前还是训练后,第1级代谢当量值均为 $3.64 \text{ mL}/(\text{min} \cdot \text{kg})$ ,证明一开始就处于中等强度,训练前该队员在第7级时出现最大强度,而训练后在第13级才出现最大强度,表明其运动能力增强了,但

此测试对他来说属于中高强度的极限训练。

### 5)心率。

心率(HR)与年龄、性别以及生理情况等有关,在运动训练中,不同负荷水平下心率呈动态变化,是若干单位聚集在不同水平的层次结构数据,因此常用心率来反映运动强度,心率越大表示运动强度越大。从图2可知,该运动员的心率随着运动级数的增加而增加,都在运动强度最高时心率达到最高,心率最高时结束此次冲关,充分体现了这是一次极限运动<sup>[12]</sup>。同时,也符合心率与运动强度成正比的运动规律,通过训练,在完成相同强度运动时,身体承受的实际运动强度相对小,机体的运动能力得到提高。

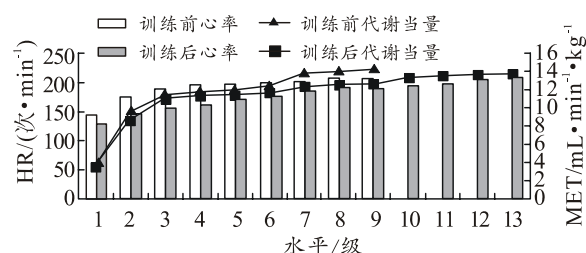


图2 训练前后心率和代谢当量的比较

### 6)能量代谢。

碳水化合物和脂肪作为运动中主要的供能代谢底物,其所占的比例是由运动方式、运动强度以及运动的持续时间决定的,大强度运动时,机体需要启动输出功率快的磷酸原系统和乳酸能供能系统提供能量,消耗的能量物质为ATP-CP和糖,低强度运动时脂肪酶被充分激活,脂肪被氧化分解供能,使脂肪消耗增加<sup>[9]</sup>,随着运动强度的升高,机体能量输出功率增加,机体的供能速率也要随之提高,碳水化合物作为快速供能代谢底物,它的动员和消耗就要不断增加,以满足机体运动对能量消耗的需求,所以在能量消耗增加的同时,碳水化合物和脂肪的供能比例也随之发生变化,即脂肪参与供能的比例逐渐减少,碳水化合物参与供能的比例逐渐上升。

由图3可知,该队员机体的代谢完全由碳水化合物和脂肪构成,尚未动用蛋白质。从碳水化合物和脂肪功能所占比例的变化可以发现,训练前,该队员在第2级脂肪消耗达到最大,随之减少,第7、8、9级几乎是靠碳水化合物供能,脂肪已不发挥供能作用。而训练后,脂肪消耗最高是在第5级,一直到第12和13级,脂肪才不再参与供能。表明训练后测试者,在完成相同强度运动时,机体实际承受的运动负荷较训练前低,能够完成更大的运动量,机体供能类型一致,但代谢方式转换时间推迟了,本研究结果与脂肪代谢的生理学机制一致。

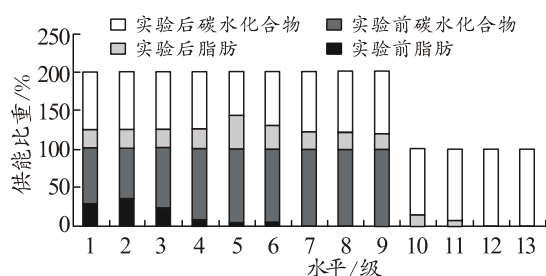


图3 训练前后供能比重的比较

## 2.2 专项能力指标分析

该队员训练前后专项能力指标见表1, 通关级数

表1 “打击-轮换”的声控通关测试结果

训练前后	通关级数	通关心率 (次·min <sup>-1</sup> )	正手 击球数	反手 击球数	正手 成功率/%	反手 成功率/%	正手通关 次数	反手通关 次数
训练前	9	207	14	16	70	80	55	58
训练后	13	208	16	16	80	80	87	84

## 3 结论

“打击-轮换”的声控训练后, 受试者反映生理机能的相关指标心率、最大摄氧量、公斤体质量摄氧量、呼吸商、代谢当量、能量代谢均得到有效提高。

“打击-轮换”的声控测试能有效提高底线有氧击球能力, 且有氧运动能力与运动水平成正比, 有氧运动能力强时底线跑动击球能力就强, 底线击球成功率也高。

### 注释:

① Alexander Ferrauti, Vanessa Kinner. Der Hit & Turn Tennis Test—ein akustisch gesteuerter Ausdauer test für die Praxis, 2008.

### 参考文献:

[1] Alexander Ferrauti, Michael F, Bergero Babette M, et al. Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake[J]. Europe Journal Appl Physiol, 2001(85): 27-33.  
 [2] Alberto Mendez-Villanueva, Jaime Fernandez-Fernandez, David Bishop, et al. Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament[J]. British Journal Sports Medicine, 2007(41): 296-300.  
 [3] 常用肺功能指标 [EB/OL]. 百度文库. <http://wenku.baidu.com/view/e32ecd8fa0116c175f0e48f3.html>.

从第9级上升到第13级, 通关水平明显提高, 通关时两次心率均属于稳定情况, 但是底线跑动击球能力水平大大提高。底线一正一反跑动击球正手的击球成功率上升了10%, 反手处于相当水平, 但在“打击-轮换”测试中, 正反手的击球能力明显提升较多, 随着冲关级数的提高, 击球数也增加, 正手的击球数增加了32次, 反手击球数增加了26次, 与此同时, 底线有氧运动能力的提高使得跑动击球能力也相应提高, 训练前测试持续时间为10 min 33 s, 训练后测试持续时间为14 min 28 s, 在此过程中, 该队员多跑动了487.5 m, 多进行了46次挥拍击球。

[4] 冯岩梅, 孟庆华. 静息能量消耗测定在慢性肝病中的应用[J]. 中国临床营养杂志, 2007, 15(2): 107-110.  
 [5] Trost S G, Way R, Okely A D. Predictive validity of three ActiGraph energy expenditure equations for children[J]. Med Sci Sports Exerc, 2006, 38(2): 380-387.  
 [6] 陈佩杰, 王人卫. 体适能评定理论与方法[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2005: 79.  
 [7] 杨锡让. 实用运动生理学[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2007: 39.  
 [8] 邓树勋, 王建, 乔德才. 运动生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 29.  
 [9] 李海燕, 陈佩杰, 庄洁. 11~16岁肥胖青少年体力活动耗氧量推算方法实验研究[J]. 中国运动医学杂志, 2010, 29(2): 217-220.  
 [10] Lagally K M, Robertson R J, Gallagher K I, et al. Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise[J]. Med Sci Sports Exerc, 2002(34): 522-529.  
 [11] 朱琳, 陈佩杰, 庄洁, 等. 12~14岁正常和肥胖男性青少年运动能耗的比较研究[J]. 中国运动医学杂志, 2011, 30(2): 166-181.  
 [12] Alexander Ferrauti, Neumann G, Weber K, et al. Urine catecholamine concentration and psychophysical stress in elite tennis under practice and tournament conditions[J]. Journal Sports MED PHYS FITNESS, 2001(41): 269-274.