



# 体育课运动技能获得的教学实验

## ——加速运动技能获得的新方法简介

黄颖峰, 程 涛

**摘要:** 本实验利用人为强化本体感受反馈的原理探讨一种新的加速运动技能获得的方法。实验参加者在电脑屏幕前用鼠标追踪电脑屏幕上一个移动的光点, 移动光点按预定的程序作曲线运动。另一子程序按每秒一百次的频率自动扫描移动光点与追踪鼠标点之间的距离, 每轮追踪结束后自动计算出该轮扫描误差的标准差。移动光点与追踪鼠标点之间的距离越小, 追踪误差越小。随着练习次数及练习天数的增加, 追踪误差会越来越小。我们发现, 在保证运动连续性的条件下最大限度地增强与运动相关的主动肌、对抗肌、协同肌及支持肌自身紧张度可以加速运动技能的获得。

**关键词:** 运动技能; 本体感受器; 肌肉自身紧张度

中图分类号: G808.12 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2008)04-0062-05

### Experimental Research on Acquisition of Sport Skills in PE Classes

#### ---- New Methods of Accelerating Acquisition of Sport Skills

HUANG Ying-feng, CHENG Tao

(Guangxi University of Technology, Liuzhou 545006, China, )

**Abstract:** This experiment focuses on a new method of accelerating the acquisition of sport skills by increasing tension to one's own movement-related muscles. The subject used a cursor to track a moving spot, which made pre-designed curve movement on computer screen. A program scanned and automatically calculated the distances between the moving spot and the tracking cursor at 100 times per second. RMSE (root mean square error) was automatically calculated after each track. The smaller the RMSE is, the more skillful the tracking will be. RMSE will be smaller and smaller following the increase of the practice. It is discovered that the acquisition of sport skills can be accelerated by purposely enhancing the tension of movement-related muscles such as active muscles, confrontation muscles, collaborative muscles and support muscles.

**Key words:** sport skills; proprioceptor; muscle self tension

## 1 前言

在运动技能获得的研究中, 肌肉张力对运动技能形成的影响仍未得到彻底研究。上世纪50年代曾有人在手握摇杆的追踪实验中证实, 本体感受的传入受所握摇杆相关肌肉张力的调节。说明利用人为增加所有运动肌肉张力的方法, 提高本体感受的传入冲动, 进而增加脑部所受的刺激, 促进新突触的生长, 加速运动技能的形成是可能的。上世纪50年代的研究只涉及提高本体感受的传入, 是运动技能形成的主体性因素, 要有效的形成运动技能, 还要考查客体性因素, 即人脑具备良好的接受传入的状态, 若人脑处于疲劳状态, 则对运动技能的形成产生负影响。人脑处于良好的接受传入的状态, 并不等同于中枢处于清醒状态。我们可以用容量来表示这种状态。内隐性学习有无容量限制性的问题, 心理学界争论由来已久<sup>[1]</sup>, 如果内隐性学习是有容量限制性的, 那么运动技能的学习是属于内隐性的<sup>[2]</sup>, 必然也存在容量限制性。一个人在众多的身体活动中, 必然存在对容量的竞

争。本实验设计是基于内隐性学习具有容量限制性, 并且大脑和身体是处于容量能够尽量满足形成新运动技能所需的前提条件下的, 也就是在实验期间没有别的体育活动来竞争容量的情况下的。

本实验探讨在学习新动作的初期, 练习时人为地最大限度地增强与动作相关的主动肌、协同肌、对抗肌、支持肌的自身紧张度(或称张力)来加速运动技能的获得的方法。在本实验中, 实验参加者在电脑屏幕前用鼠标追踪电脑屏幕上一个移动的光点, 移动光点与追踪鼠标点之间的距离越短, 追踪误差越小。本实验暂不涉及运动技能获得后技能的熟练化问题。

## 2 实验方法

受试者用鼠标在电脑屏幕上追踪一个按一定程序自动行走的光点。光点在水平方向上按 14 mm/s 的速度运行, 另一个程序以 100 次/s 的速率自动扫描鼠标与光点之间水平方

收稿日期: 2008-03-05

基金项目: 广西教育科学十一五规划课题(2008C-78)

第一作者简介: 黄颖峰(1964-), 男, 汉族, 讲师, 主要研究方向: 运动人体科学疲劳与恢复。E-Mail: yingfenghuang@yahoo.com.cn, Tel: 0772-7349747.

作者单位: 广西工学院体育系, 广西 柳州 545006



向和垂直方向上的距离，每次扫描产生一个数据，并根据三角公式计算出鼠标与光点之间的直线距离，最后自动求出一组追踪鼠标与光点距离标准差。

如光点的坐标为 (Xt, Yt)，鼠标的坐标为 (Xc, Yc)。鼠标与光点的距离为  $\sqrt{(Xt-Xc)^2+(Yt-Yc)^2}$

如果把追踪鼠标看作是相对于光点的离散程度，则可以用这个离散程度、均方根误差 RMSE 的大小来表示每次追踪的熟练程度。每次追踪完成后，假若共有 N 次扫描，则本次扫描的总误差可以表示为

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (X_n - X_{cn})^2 + (Y_n - Y_{cn})^2}{n}}$$

每次追踪产生一个 RMSE 数值。以 RMSE 为纵坐标，追踪总次数为横坐标，可以得出一个人 RMSE (误差)- 追踪总次数直角坐标图，RMSE 数值大，说明追踪不够熟练，随着追踪总次数的增加，RMSE 数值应该逐渐减小，动作变得越来越熟练，最终获得运动技能。

### 2.1 人为自身紧张相关肌肉的方法

本体感觉器官的适宜刺激是牵拉，人为紧张相关肌肉，目的是人为增大肌腱及腱器等本体感觉器官的牵拉程度，以增加传入神经的输入，并在运动中保持持续紧张，以便能使神经触突的形成与运动动作在时空上相一致，这是能否掌握人为加速运动技能形成的关键。对于本实验而言，紧张相关肌肉并不是加大对鼠标的握力，而是只加大主动肌、对抗肌、协同肌及支持肌的自身平衡力量，人为地使手臂所有肌肉处于僵硬状态，对鼠标的握力任何时候都保持常规轻微力度。如果加大的是手对鼠标的握力，中枢接受到的将是错误信号，而我们要形成的运动技能的肌力方向并不是握力方向。判断张力方向是否错误的方法是取走鼠标，假若手还保持着握鼠标的原来的形状（见图 1 第 3 小图），说明紧张的方法是对的；反之，假若取走鼠标后手指捏在一起或者改变原来握鼠标时的形状，则说明紧张的方法是错误的。总之，掌握加速获得运动技能的关键，在于人为地紧张与动作相关的肌肉群时，紧张部分肌肉的力量主要是用于对抗自身骨架、并保持动态平衡状态的，而不是施加于任

何外部物体的，所以称为自身紧张，要保证在持续自身紧张的情况下做动作，并且动作不能变形。对于钢琴和打字练习者而言也一样，双手及连接双手的所有肌肉群一直处于人为自身紧张状态，对于弹奏的手指而言，外表上手指是在“僵硬”中弹下的，对于某时刻没有弹奏的手指而言，手指是在僵硬中保持静止的。对于练习外语口语的人而言，由于发音相关的口腔运动的重要肌肉如舌肌、轮匝肌、周围提肌降肌等没有象手指手臂那样的骨架支撑，不能通过增加张力来人为造成肌肉自身平衡的紧张，为增加本体感觉器官的输入，只有最大限度地加速口腔肌肉的运动，或者最大限度地加大口腔肌肉运动幅度，以造成颧肌、颊肌、提唇肌降唇肌提口角肌降口角肌等与头骨相连肌肉的牵拉<sup>[3]</sup>。对于汽车驾驶的练习者而言，初学的时候手脚和全身的肌肉都要人为的自身紧张，并在紧张中做动作。在以上所有练习中，由于人为紧张，第一次在意识参与指导下做动作必然大大的减慢动作速度，这是正常的，减慢速度不会影响运动技能的获得。脑内神经过程在做动作时同步记录的是不同肌肉在不同时空上收缩的力度和顺序，由于力度在运动技能获得后可以由大脑随意调控，所以大脑记录下的主要是各块肌肉按不同时间收缩的顺序。在具备形成触突所需要的生化物质基础（即容量充足）的条件下，在大紧张度的情况下做动作的同时，神经触突的基础由于本体感觉器的强输入同步形成。所谓运动（或动作）相关肌肉，对于本实验来说是指整个右手、右臂肌肉及躯干上部右侧的肌肉；对于钢琴和打字练习者而言是指左右两手、两臂及躯干上部的肌肉；对于练习外语口语的人而言是指头面部肌肉及呼吸肌等；对于汽车驾驶的练习者而言是指除头面部肌肉以外的全身肌肉。

紧张指做动作时尽力用力使运动的各相关肌肉紧张度自我感觉在最大张力的 75% 以上。轻松指按本人平时使用鼠标的轻松力度做动作，见图 1 不同肌肉张力粗略对比示例图。图中张力是根据受试者自感用力度 0% 和 75% 的情况下拍出和照片。每个受试的自我感觉用力度不一定准确，但是本实验旨在区别自身紧张与轻松之间的定性分析，而不作准确力度的定量分析，故不影响测试结果。

自身紧张和轻松的右手外观示例如图 1。

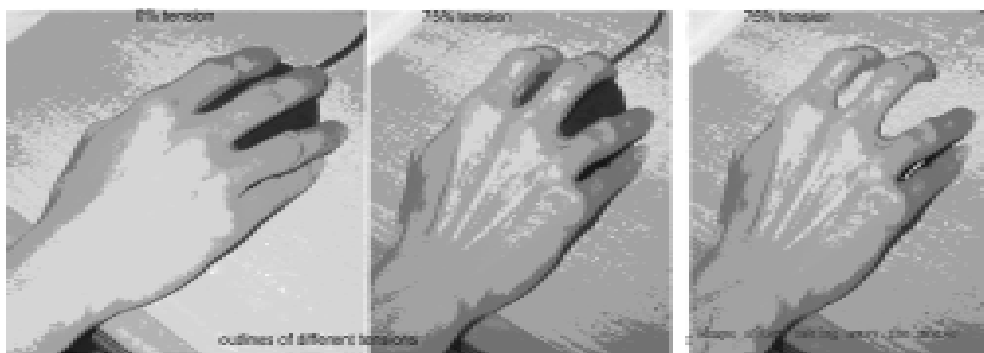


图 1 不同肌肉张力粗略对比示例图  
Figure 1 Rough Comparison between the Different Muscle Tensions

注：图中第 1、2 小图自身紧张度（或称张力）是根据受试者自感用力度约为 0% 和 75% 的情况下拍出的粗略对比示例，第 3 小图为移出鼠标后手应保持原状。



## 2.2 实验分组

在共4个月的实验中采用交叉实验法，将星期一上体育课一个班的学生称为A班，星期二同时间上体育课一个班的学生称为B班。每个班从志愿参加实验者中选6男4女共10人(年龄17~20岁，平均年龄 $18.25 \pm 1.21$ 岁)为受试者，均为右利手，为了保证交叉实验的同质性所有学生都使用同一台电脑，排队依次进行测试，在各方面尽量使A、B两个班为同质受试。参加实验的受试者共20人，均为广西宜州华侨中学学生。

第1阶段3~4月份共8周追踪曲线I，实验在学生的体育课中进行，每周一次体育课，在没有其它身体活动的情况下，每次体育课每人进行20轮追踪，取20轮追踪的RMSE

表1 实验分组表

Table 1 Experiment Grouping

班级 阶段	A班		B班	
	1~3周训练小阶段	4~8周效果测试小阶段	1~3周训练小阶段	4~8周效果测试小阶段
第1阶段追踪曲线I	紧张	轻松	轻松	轻松
第2阶段追踪曲线II	轻松	轻松	紧张	轻松

I 光点运行的曲线方程： $Y = -0.57 - 0.94 * \sin(x) - 3.54 * \cos(x) + 2.26 * \sin(2*x) + 0.26 * \cos(2*x) + 1.89 * \sin(3*x) + 4.46 * \cos(3*x) + 1.25 * \sin(4*x) - 3.24 * \cos(4*x) + 4.50 * \sin(5*x) + 2.86 * \cos(5*x)$

II 光点运行的曲线方程：

$Y = -0.23 - 0.44 * \sin(x) - 5.54 * \cos(x) + 5.24 * \sin(2*x) + 2.42 * \cos(2*x) + 3.85 * \sin(3*x) + 6.21 * \cos(3*x) + 4.25 * \sin(4*x) - 1.64 * \cos(4*x) + 0.21 * \sin(5*x) + 3.21 * \cos(5*x)$

曲线I和曲线II对于所有受试者都具有新颖性。

计算机由广西宜州华侨中学提供，电脑屏幕均为17寸彩色显示器，分辨率为1024X768。光点从电脑屏幕左边的起始点运行至右边终点需19.7s，追踪光点的鼠标也运行同样的时间(如图2)。

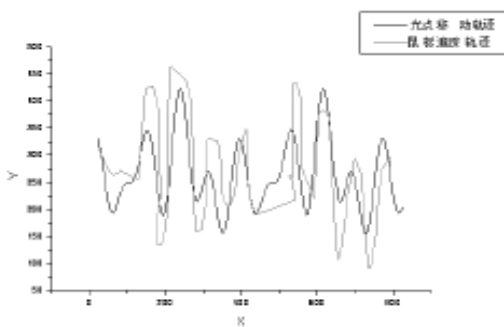


图2 追踪图例

Figure 2 Tracking Examples

## 2.3 数据处理

用SPSS统计软件包Pared-samples T-Test过程进行统计。

## 3 结果

实验结果如表2及图3所示。

第1阶段统计结果：A、B两个班的RMSE均值比较，在前三周的练习阶段， $P = 0.466$ ，大于0.05，无显著性差

异。再统计每个班10个人的RMSE均值作为追踪误差，最后结果表示为均值±标准差。A班为紧张班，对于A班来说前三周为训练小阶段，受试者人为地紧张手部与移动鼠标相关的肌肉群进行追踪训练，第四周开始放弃人为紧张追踪训练，转而也用和B班同样的轻松的方式追踪；B班为轻松班，B班在8周中一直用轻松的方式追踪鼠标。旨在检验A班前三周的人为紧张追踪训练与B班的轻松追踪训练，使得在其后五周的测试小阶段两班都轻松追踪的情况下成绩有什么不同。

第2阶段5~6月份共八周追踪曲线II，将A班与B班紧张程度对调，即B班为紧张班，A班为轻松班(见表1)。

异。A班RMSE均值38.43小于B班RMSE均值39.19。后面五周的练习效果测试阶段， $P = 0.00$ ，小于0.01，有极显著性差异。A班的RMSE均值28.71小于B班的RMSE均值34.08，且同周比较A班的RMSE均值均小于B班。

第2阶段统计结果：A、B两个班的RMSE均值比较，在前三周的练习阶段， $P = 0.269$ ，大于0.05，无显著性差异，A班RMSE均值31.03小于B班RMSE均值32.37。后面五周的练习效果测试阶段， $P = 0.003$ ，小于0.01，有极显著性差异。A班的RMSE均值28.45大于B班的RMSE均值24.70，且同周比较A班的RMSE均值均大于B班。

根据表2的数据，得出如下A班和B班受试者运动技能形成的误差-练习次数曲线，如图3。

## 4 讨论

由表2和图3可知，在第一阶段的实验中，A班由于在练习阶段使用了人为增加动作相关肌肉群自身紧张度的方法，使得在其后的测试阶段的操作成绩比B班好，在第二阶段的交叉实验中，B班也由于使用了人为增加动作相关肌肉群自身紧张度的方法，使得在其后的测试阶段的操作成绩比A班好。

本实验设计的思路之一，是不计较开始练习时由于人为紧张肌肉而导致的外在表现上暂时的成绩下降，一切以加速内在神经建立为基准。结果显示，在第一到第三周的练习中，由于紧张班的受试者要将注意力放在加大肌肉的紧张度上，比起轻松班的追踪误差要大些，这在第2阶段的实验中表现得尤为明显。从第二周开始，由于上一周用力增加紧张度可能加速了运动技能的形成，尽管仍然需要将注意力放在加大肌肉的紧张度上，所以两种效应相互抵消，A班与B班的追踪误差相比差别不大。把前面三周定为训练小阶段，前三周的追踪误差相比并没有多大实际意义，实验的最终目的是看经过特殊的方法训练后的测试小阶段的成绩。从结果中知道，第一阶段后面五周的练习效果测试阶段，A、B两个班的误差比较，同周比较A班的误差总是小于B



表2 不同阶段两个班实验误差RMSE 的比较  
Table II Experiment Results in Different Phases

阶段	周数	第1阶段			第2阶段		
		A班紧张追踪任务	B班轻松追踪任务	P值	A班轻松追踪任务	B班紧张追踪任务	P值
训练小阶段	第1周	40.93 ± 2.95	40.25 ± 1.78	0.466	33.44 ± 2.18	34.28 ± 3.05	0.269
	第2周	38.91 ± 3.09	39.60 ± 1.93		29.53 ± 1.69	29.65 ± 2.19	
	第3周	35.45 ± 3.66	37.71 ± 2.25		30.11 ± 2.64	33.17 ± 2.38	
测试小阶段	第4周	31.66 ± 2.97	36.97 ± 2.63	0.00	29.13 ± 3.31	27.30 ± 1.79	0.003
	第5周	30.40 ± 3.61	35.60 ± 2.53		30.89 ± 2.26	25.43 ± 3.26	
	第6周	28.17 ± 3.18	34.30 ± 2.3		28.04 ± 1.87	24.64 ± 1.87	
	第7周	27.24 ± 3.85	32.42 ± 1.92		27.73 ± 1.69	24.00 ± 2.75	
	第8周	26.09 ± 3.41	31.08 ± 2.25		26.46 ± 2.67	22.15 ± 1.88	

注：数据表达式为平均值±标准差，数据无单位，为追踪误差之程度比较。

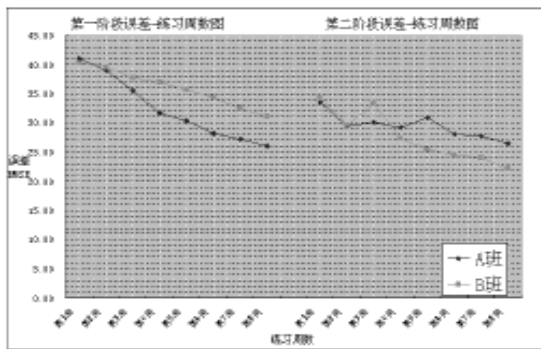


图3 误差-练习周数曲线图  
Figure 3 Error-Practice Curves

班,  $P=0.00$ , 小于  $0.01$ , 有极显著性差异, 说明文中所叙述的加速获得运动技能的方法对于鼠标追踪这个动作来说是有效的, 导致运动技能形成曲线左移, 即要达到相同的动作熟练程度需要更少的练习次数, 或者相同的练习次数使用加速运动技能形成的方法比常规的练习方法可以更熟练更准确, 第二阶段的实验结果加强了上述论断。进行第二阶段交叉实验的目的, 是排出某个班的学生由于运动天赋上的差别或者对电脑的熟练程度不同而造成一个班与另一个班追踪误差的不同。第二阶段整体误差比较第一阶段小, 可能是由于曲线 II 比曲线 I 更容易追踪, 也可能是由于第一阶段的练习和测试对第二阶段的追踪任务产生了部分的正迁移。

本实验由于操作上的原因, 无法进行双盲实验, 但是在实验中我们并没有告知被试人为增加紧张度的原因和可能的后果, 把心理暗示及其它影响因素降到最低, 因此我们仍可以初步推断, 运动技能的形成速度与练习时与动作相关肌肉群的自身紧张度(或称张力)成正比, 人为增加动作相关肌肉群自身紧张度的方法可以加速运动技能形成获得。

运动技能形成理论认为, 运动技能形成的4个时相(泛化相、分化相、巩固相、自动化相)是一个连续的过程, 各时相之间并无明显界限, 每一个时相也无固定长短<sup>[1]</sup>。练习者经过一定的练习之后, 初步掌握了一系列局部动作, 并开始把个别动作联系起来。这时, 练习者的神经过程逐渐形成了分化性抑制<sup>[5]</sup>。在运动技能形成的过程中伴随着脑内神经突触联系的建立。在运动技能形成的泛化阶段, 动作是在有意识的指导下完成的, 此时脑内的神经联系尚未建立, 练习者经过无数次的练习, 脑内神经过程联系逐步

建立起来, 动作是在低意识的状态下完成的。从外在表现来看, 运动技能形成是一个连续的过程。由于在运动技能形成的开始阶段, 练习者主要通过视听接受教练的指导, 或在自身意识的指导下完成动作。尽管动作不协调、不连贯, 动作还是能进行下去, 这时神经过程的内在联系也逐步建立起来, 然后逐渐过度到不需要意识指导的自动化阶段。但是, 相对于外在的运动技能熟练化的表现而言, 内在的神经过程的完全建立应该是一个质的改变, 这在于那些只要求能够完成一套动作而不要求熟练化的运动(如外语生词的口腔肌肉运动)而言, 尤为重要。根据动作的复杂性和动作节奏的多少时间的长短可以分为较长的动作和较短的动作。对于短而简单的动作而言, 如篮球的单手投篮, 只有向前上方推送和压腕等动作, 意识的参与较容易, 很难区分是由于意识的参与指导还是由于自动化的建立而完成的动作。对于较长的动作而言, 如4个以上音节以上的外语单词相应的口腔肌肉运动, 或一段钢琴曲相应的手指的弹奏动作, 当撤走初学者练习用的音标或乐谱, 并告诉练习者不要去想单词的读音或乐曲的旋律, 仅将注意力集中在口腔或手指肌肉上, 以此屏蔽意识的参与, 此时便可以以能否流利地读出单词或弹奏乐曲来判断内在的运动技能神经过程联系是否已经建立。因此, 探索能够有效加速动作内在神经联系的建立的方法, 是运动生理学的目标之一。

值得关注的问题是, 在本实验进程中误差减少的差距, 是由于视觉熟化化差距造成的, 还是由于内在神经过程建立的差距而造成的。在练习的开始阶段, 追踪是依靠人的视觉反馈来进行的, 内在的神经联系尚未建立, 追踪的误差大, 经过多次练习后, 神经联系逐步建立, 追踪误差减少, 练习到一定阶段形成自动化, 从依靠人的视觉反馈到依靠内在神经联系的转化过程有一个衔接, 在误差-练习次数曲线上反映出来。但是, 由于练习的过程中始终存在视觉反馈, 使得转折变得平缓。尽管如此, 人能在100 ms之内开始、进行和停止一个动作, 利用感觉反馈所需要的时间要比100 ms长得多, 例如, 视觉反馈约为190~260 ms, 本体感觉反馈约为120~125 ms。显然, 这些时间都太长, 不允许感觉反馈来控制动作的进行。熟练的钢琴家不看键盘演奏, 有些片段手指的动作每秒可达16次。这种快速动作之间的连接, 感觉反馈是无法控制的<sup>[6]</sup>。所以依靠视觉反馈或本体感觉反馈追踪的误差必然大于内在神经过程联系自动程序控制下的误差。显然, 我们可以认为在实验



的进程中,人为自身紧张相关肌肉,使得与追踪光点的相关手部肌肉运动相应的大脑神经过程被加速建立起来了。

增加肌肉自身紧张度而加速运动技能的形成原因,是由于增加了本体感觉器向中枢的传入冲动的频率,还是由于打开了脑部运动技能学习的某种开关,这个问题有待进一步探讨。对这个问题的回答有助于探讨借助药物或电刺激来加速运动技能形成的可能性。

关于人的视觉反馈作用对运动技能形成的影响研究,国内外已经开展得比较多,如我国的章建成等在这方面做了大量工作,但是这些研究大多是探索性和描述性的,目前仍未找到有效加速运动形成的成熟方法,本文认为内在神经联系的建立比反馈重要得多,从这个角度讲视觉反馈可以忽略不计;但是,忽略视觉反馈,就无法建立使机体适应外界环境的准确的运动技能,所以在运动技能的获得中,视觉反馈起导向作用,真正影响运动技能形成的因素是本体感觉器对内部张力的感受。

## 5 结论

运动技能的形成速度与练习时与动作相关肌肉群的自身紧张度(或称自身张力)成正比,人为增加动作相关肌肉群自身紧张度的方法可以加速运动技能形成获得,加速内在神经过程的建立。

## 参考文献:

- [1] 黄颖峰,黄玉山. 内隐性与运动技能的获得[J]. 南京体育学院学报, 2003, 2: 22-28.
- [2] Bernard W. Agranoff, Carl W. Cotman, and Michael D. Uhler. Learning and Memory[M]. ISBN 0-397-51820-X.1998 Part 7, chapter 50. Studies of Learning and Memory in Humans.
- [3] 黄颖峰. 永久性强化运动记忆[N]. 南方日报学术专版, 1994-02-19.
- [4] 邓树勋等. 运动生理学[M]. 广州: 高等教育出版社, 1999年7月, 298-299.
- [5] 马启伟,张力为. 北京: 体育运动心理学[M]. 浙江教育出版社, 1998年5月, 245.
- [6] 马启伟,张力为. 北京: 体育运动心理学[M]. 浙江教育出版社, 1998年5月, 248-249.
- [7] 金亚虹,章建成,任杰等. 延迟结果反馈对复杂追踪任务运动技能学习的影响[J]. 体育科学, 2005, 5: 128-134.

(责任编辑: 何聪)

(上接 73 页)

耐力测试方法,平均速度可以有效地反映上海女足运动员的专项速度耐力,该方法简单可靠,可操作性强,可以为上海女足运动员的专项速度耐力训练效果的评定提供科学的量化标准。

## 参考文献:

- [1] 足球[M]. 北京: 人民体育出版社, 2002, 36-48
- [2] 足球运动的体能与营养[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2004, 8:53-54
- [3] Rob's home of fitness Testing , 2004, 3

- [4] 任建生,等. 足球运动员专项体能评定方法的研究[J]. 体育科学, 2004, 24 (5): 49-52
- [5] 运动员机能评定常用生理生化指标测试方法及应用[M]. 北京: 人民体育出版社, 2002, 8: 186

(责任编辑: 何聪)