

分期力量训练对中长跑运动员跑步经济性的影响

李山¹, 陈春彦², 李兆林³

(1.西安体育学院 田径教研室, 陕西 西安 710068; 2.西安体育学院 研究生部, 陕西 西安 710068;
3.西安体育学院 竞技体校, 陕西 西安 710068)

摘 要: 为探索分期与传统力量训练对中长跑运动员跑步经济性的影响, 以西安体育学院竞技体校 12 名男子中长跑运动员为研究对象。经 12 周对比实验发现: 与非分期力量训练相比, 分期力量训练对中长跑运动员最大摄氧量和跑步经济性提高效果更明显。而且, 在影响程度上表现出对 65%VO₂max 的 RE 影响程度最显著, 对应 5 000 m 专项成绩提高的幅度也最大, 其次为 75%VO₂max 的 RE。相比之下, 85%VO₂max 的 RE 提高的幅度最小。结果说明分期力量训练有助于中长跑运动员跑步经济性的提高, 具有专项特征。分期力量训练可按基础期、最大力量期、肌肉耐力转化期、保持期及过渡期进行。

关 键 词: 竞赛与训练; 分期力量训练; 跑步经济性; 少年中长跑运动员

中图分类号: G822.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2014)01-0104-06

Effects of period-specific strength training on the running economy of middle and long distance runners

LI Shan¹, CHEN Chun-yan², LI Zhao-lin³

(1.Department of Track and Field, Xi'an Physical Education University, Xi'an 710068, China;
2.Graduate Department, Xi'an Physical Education University, Xian 710068, China;
3.Athletics School, Xi'an Physical Education University, Xian 710068, China)

Abstract: In order to probe into effects of period-specific and traditional strength training on the running economy of middle and long distance runners, the authors selected 12 male middle and long distance runners in Athletics School of Xi'an Physical Education University as their research subjects, and revealed the following findings after a 12-week comparative experiment: as compared with non period-specific strength training, period-specific strength training had a more significant effect on improving the maximum oxygen intake and running economy of middle and long distance runners, and in terms of the degree of effect, its effect on the RE of 65%VO₂max was the most significant, followed by its effect on the RE of 75%VO₂max; its improvement on corresponding 5 000 m event performance was the greatest as well; comparatively, its improvement on the RE of 85%VO₂max was the smallest. The said findings indicated that period-specific strength training is conducive to improving the running economy of middle and long distance runners, provided with event characteristics. Period-specific strength training can be carried out based on foundation period, maximum strength period, muscle stamina transformation period, maintenance period and transition period.

Key words: competition and training; period-specific strength training; running economy; teenage middle and long distance runners

过去研究一直认为, 最大摄氧量(VO₂max)是影响中长跑成绩的关键因素。但随后研究表明, 跑步经济性

的提高对中长跑成绩具有促进作用, 跑步经济性较最大摄氧量在评价有氧能力上更具实用性和可训性^[1-3]。跑

步经济性(Running Economy, RE)是在高强度(次最大跑速)跑条件下, 机体所消耗能量情形或满足次最大跑速所消耗的能量大小, 通常以稳态下的耗氧量(VO_2)或呼吸比率来衡量^[4]。

然而, 影响跑步经济性的因素众多, 如通气阈(VE)、人体核心温度(Ctemp)、跑步姿势、呼吸方式、肌肉类型、体成分(BC)以及训练方式等^[5-9]。其中, 力量训练尤其是超等长力量训练对跑步经济性影响的实验研究证实, 力量训练对跑步经济性有积极的促进作用^[10-13]。但如何合理设计中长跑运动员的力量训练计划、怎样划分力量训练阶段更有利于促进中长跑运动员专项能力的提高需要深入研究。本研究通过分期力量训练对少年中长跑运动员 RE 的影响, 试图进一步探索力量训练过程控制与中长跑运动员有氧能力间的关系。

1 研究对象和方法

以西安体育学院竞技体校 12 名男子中长跑运动员为研究对象, 其中 8 名为 2 级运动员。研究对象平

均年龄(14.3 ± 1.8)岁, 平均身高(164.7 ± 7.8) cm, 平均体重(48.3 ± 6.5) kg, 平均训练年限 3.6 年。实验前, 受试对象根据最大摄氧量、跑步经济性以及专项成绩测试结果配对分为实验组(6 人)和对照组(6 人)。两组中各有 4 名队员专项为 5 000 m, 1 名为 1 500 m、1 名为 800 m。

1)实验为期 12 周, 实验组除正常训练外, 将力量训练按顺序划分为基础力量适应期(3 周)、最大力量训练期(3 周)、肌肉耐力转化期(5 周)和调整期(1 周)4 个阶段(见表 1)。每个阶段的训练重点、训练方法和手段以及训练负荷相互独立且彼此联系(训练负荷由基础力量适应期 40%~50%最大强度重复 15~20 次或持续 30~45 s, 过渡到最大力量训练期 75%~85%最大强度重复 6~10 次, 再过渡到肌肉耐力转化期 30%~50%最大强度重复 40~60 次或更多或持续 2~10 min)。对照组除正常训练外, 采用传统非分期力量训练(没有明显阶段划分, 不同性质力量训练相互穿插, 侧重力量耐力或肌肉耐力训练)。

表 1 实验组 12 周分期力量训练计划

阶段分期	基础力量适应期	最大力量训练期	肌肉耐力转化期	调整期
实验时间	3 周(4 月 6—23 日)	3 周(5 月 6—27 日)	5 周(6 月 2 日—7 月 10 日)	1 周(7 月 11—18 日)
训练手段	1)核心力量训练: 两头起静力、两头背起静力; 侧向直体、跪地对侧平举、仰卧对侧支撑、仰卧单头起、俯卧单头起、侧向直体外侧抬腿、俯卧两点支撑、直臂双腿俯卧桥、单腿支、双腿单臂支撑俯桥、仰卧屈腿收腹、俯卧异侧臂两头起等; 2)循环力量训练: 胸前提拉、左右体侧拉、负重体前屈、负重抬膝、提踵、俯卧抗阻腿屈伸、硬拉、肩后推举、肱二头弯举、腿弯举、单侧手持杠铃左右交替摆等	半蹲、腿后蹬、胸前提拉、提踵杠铃片负重抬腿、肩上推举、提踵、硬拉、卧推或仰卧飞鸟、弓箭步下蹲、负重杠铃片抬腿、胸前杠铃(片)提拉、提踵半蹲	腿后蹬、持铃摆臂、提踵、负重原地弓箭步下蹲、负重背屈伸、负重胸前提拉、跳栏架、腿后蹬持铃摆臂、上体屈伸负重抬腿、负重弓箭步跳、胸前提拉、负重抬腿、杠铃负重直腿跳、负重抬腿、腿	减少练习手段 降低负荷量 准备测试
训练负荷	30~45 s 或 40%~50%最大强度	75%~85%最大强度	2~10 min 或 30%~50%最大强度	
训练方法	循环训练、持续训练	全程、离心、等长训练	间歇、持续及循环训练	
重复次数	15~20 次	6~10 次	40~60 次或 100 次(根据手段不同而定)	
练习组数	3~4 组	3~5 组	3~6 组	
组间间歇	间歇 1 min	间歇 3 min	间歇 1~2 min	
练习间歇	不间断	间歇 3min	不间断	

2)采用 Treadmill T150 跑台, 通过逐级递增运动负荷方式测定受试者最大摄氧量。设定起始跑速为 6 km/h; 第 3 分钟, 速度逐渐增加到 8 km/h, 保持 2 min; 第 5 分钟, 速度增至 10.0 km/h, 保持 2 min; 第 7 分钟, 速度增至 12.0 km/h; 第 9 分钟, 坡度增加 2°, 速度不变; 第 11 分钟后, 坡度每 2 min 增加 2°, 速度保持不变, 并根据个人能力逐级递增, 直至达到最大稳态。通过气体代谢分析仪(JAEGER)测得 VO_{2max} 水

平, 并记录 VO_{2max} 对应的跑速。

实验前后在最大摄氧量测试后隔日进行跑步经济性测试。跑步经济性分别在 65%、75%和 85%的 VO_{2max} 下设定跑速, 每个跑速分别持续运动 6 min, 测定最后 2 min 平均 VO_2 (摄氧量)代表 RE。不同跑速下 RE 测试间隔控制为 10 min。测试前一天保证运动员处于非疲劳状态, 每次测试着装统一, 每个运动员前后测试保证在同一时间。随后的专项测试按 800、1 500 和 5 000 m 顺

序隔日进行。

2 结果与分析

2.1 实验前各项指标测试结果

测试结果表明, 实验组和对照组实验前在最大摄氧量、跑步经济性及各专项成绩间没有显著性差异(见表 2~4)。由表可见, 随着跑速的增加, 运动员的跑步经济性所对应的耗氧量呈上升趋势。研究表明, 在跑速

相同时, 运动员甲用 70%最大摄氧量, 运动员乙用 80%最大摄氧量, 那么运动员甲跑步经济性高^[14]。可见, 跑速与跑步经济性具有密切关系。5 000 m 到 800 m 的跑速不断增加, 对应的强度就越接近最大摄氧量强度。根据跑速与跑步经济性的相关性, 5 000 m 跑的强度相当于 65%的 VO_{2max} , 3 000 m 的跑速相当于 75%的 VO_{2max} , 1 500 m 介于 75%~85%之间, 而 800 m 的跑速相当于 85%的 VO_{2max} ^[14]。

表 2 实验前实验组最大摄氧量及跑步经济性测试结果

姓名	VO_{2max}	L/min		
		65% VO_{2max} RE	75% VO_{2max} RE	85% VO_{2max} RE
井×	3.580	2.621	3.112	3.304
杨×	2.970	2.254	2.741	3.046
刘×	2.162	2.911	3.476	3.757
张×	3.197	2.263	2.627	3.013
廖×	3.350	2.508	3.188	3.536
张×	3.650	1.931	2.254	2.605
平均值	3.152±0.545	2.414±0.341	2.889±0.442	3.210±0.382

表 3 实验前对照组最大摄氧量及跑步经济性测试结果

姓名	VO_{2max}	L/min		
		65% VO_{2max} RE	75% VO_{2max} RE	85% VO_{2max} RE
张×	3.419	2.565	2.99	3.322
余×	2.971	2.833	3.192	3.238
海×	3.007	1.968	2.513	3.026
徐×	3.610	2.551	3.164	3.545
陈×	2.977	1.945	2.713	3.226
陈×	3.097	2.068	2.513	2.996
平均值	3.181±0.230	2.373±0.375	2.848±0.310	3.226±0.202

表 4 实验前实验组与对照组最大摄氧量及跑步经济性测试结果 T 检验

组别	VO_{2max}	L/min		
		65% VO_{2max} RE	75% VO_{2max} RE	85% VO_{2max} RE
实验组	3.152±0.545	2.414±0.341	2.889±0.442	3.210±0.382
对照组	3.181±0.230	2.373±0.375	2.848±0.310	3.226±0.202
T 检验	$P>0.05$	$P>0.05$	$P>0.05$	$P>0.05$

2.2 实验后最大摄氧量及跑步经济性测试结果

经过 12 周训练, 测试结果发现, 实验组和对照组的跑步经济性均有所提高(见表 5、6), 不同跑速下摄氧量呈现下降趋势, 说明经过训练后, 运动员在不同次最大跑速下的出现摄氧量减少, 跑步经济性提高的

结果, 与前人研究结果保持一致^[1, 5, 15]。经 T 检验发现, 实验后实验组和对照组在 VO_{2max} 、RE 上没有显著性差异。但相比之下, 实验组在最大摄氧量和不同强度下 RE 提高的幅度较对照组明显。其中, 65% VO_{2max} 的 RE 提高的最显著(见表 7)。

表 5 实验后实验组最大摄氧量及跑步经济性测试结果¹⁾

姓名	VO_{2max}	跑步经济性		
		65% VO_{2max} RE	75% VO_{2max} RE	85% VO_{2max} RE
井×	3.649(2)	2.159(18)	3.056(2)	3.258(1)
杨×	3.301(11)	2.075(8)	2.479(10)	2.866(6)
刘×	3.635(-1)	2.571(12)	3.056(12)	3.352(11)
张×	3.615(8)	2.171(4)	2.856(-9)	3.052(-1)
廖×	3.561(11)	1.968(22)	2.513(21)	3.026(14)
张×	2.479(15)	1.291(33)	1.664(26)	2.152(17)
平均值	3.373±0.457(8)	2.039±0.419(16)	2.604±0.525(10)	2.951±0.428(8)

1)括号内为提高幅度%

表 6 实验后对照组最大摄氧量及跑步经济性测试结果¹⁾

姓名	VO ₂ max	跑步经济性		
		65%VO ₂ max RE	75%VO ₂ max RE	85%VO ₂ max RE
张××	3.467(1)	2.198(14)	2.433(19)	2.941(11)
余××	3.546(19)	2.074(27)	2.668(16)	2.917(10)
海××	3.197(6)	1.768(10)	2.413(4)	2.926(3)
徐××	3.297(-4)	2.596(-2)	3.109(2)	2.868(19)
陈××	3.197(11)	2.075(-7)	2.479(9)	2.866(11)
陈××	3.465(3)	2.074(-0.3)	2.668(-6)	2.917(3)
平均值	3.362±0.151(6)	2.131±0.230(7)	2.628±0.261(7)	2.906±0.031(9.5)

1)括号内为提高幅度%

表 7 实验后实验组与对照组最大摄氧量及跑步经济性变化幅度

组别	VO ₂ max	65%VO ₂ max RE	75%VO ₂ max RE	85%VO ₂ max RE
实验组	8	16	10	8
对照组	6	7	7	9.5

经 *T* 检验发现, 实验前后实验组在 VO₂max、65%VO₂max RE 和 85%VO₂max RE 上具有显著性差异

性。对照组在 85%VO₂max RE 具有显著性差异(见表 8、9)。

表 8 实验前后实验组最大摄氧量及跑步经济性测试结果 *T* 检验

实验前后	VO ₂ max	65%VO ₂ max RE	75%VO ₂ max RE	85%VO ₂ max RE
实验前	3.152±0.545	2.414±0.341	2.889±0.442	3.210±0.382
实验后	3.373±0.457	2.039±0.419	2.604±0.525	2.951±0.428
<i>T</i> 检验	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> <0.05

表 9 实验前后对照组最大摄氧量及跑步经济性测试结果 *T* 检验

实验前后	VO ₂ max	65%VO ₂ max RE	75%VO ₂ max RE	85%VO ₂ max RE
实验前	3.181±0.230	2.323±0.375	2.848±0.310	3.226±0.202
实验后	3.362±0.151	2.131±0.230	2.628±0.261	2.906±0.031
<i>T</i> 检验	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> <0.05

实验后, 实验组和对照组的专项成绩测试结果显示, 实验组与对照组在 800、1 500 m 成绩上无差异, 但在 5 000 m 成绩上存在差异(*P*<0.05)。实验前后实验组 800、1 500 m 成绩不具有差异性, 然而 5 000 m 成绩差异非常显著(*P*<0.01)。相比之下, 对照组实验前后在 800、1 500、5 000 m 成绩上均不具差异性(见表 10、11)。可见, 采用分期力量训练的实验组在最大摄氧量、跑步经济性和专项成绩上的提高幅度较非分期力量训练的对照明显。而且, 在影响程度上表现出对 65%VO₂max 的 RE 影响程度最显著, 对应的 5 000 m 专项成绩提高的幅度也最高, 其次为 75% VO₂max 的 RE, 85% VO₂max 的 RE 提高的幅度最小。

表 10 实验前实验组与对照组专项成绩比较

组别	800 m	1 500 m	5 000 m
实验组	129±8.7	269±13.7	1074±49.9
对照组	132±3.3	281±18.9	1059±52.9
<i>P</i> 检验	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> >0.05

表 11 实验后实验组与对照组专项成绩变化比较

组别	800 m	1 500 m	5 000 m
实验组	124±6.5	257±13.3	1001±41.9
对照组	129±3.8	269±15.9	1022±55.9
<i>T</i> 检验	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> >0.05	<i>P</i> <0.05

2.3 分期力量训练对跑步经济性影响的机制

分期力量训练源自东欧, 最先由 Bompa 提出并将其理论化^[15]。随后经 Stone、Kreamer、O' Byrant 等^[16-18]修订后引入美国, 并得到广泛应用。分期力量训练在负荷特征上呈现阶段性变化, 每个阶段有不同的力量发展任务、内容与训练方法, 在能量代谢系统的训练上也各有侧重。在不同阶段安排的力量训练内容与重点不仅可以使机体不断处于适应性变化中, 而且负荷结构上的变化也可以有效避免过度训练^[19]。耐力性运动员分期力量训练通常由基础性全身力量训练、最大力量训练、肌肉耐力转化训练、竞赛期维持训练、过

渡训练 5 个阶段组成。对中长跑运动员来说, 力量训练可减弱腱梭感受器的敏感性, 通过力量训练还可以提高运动神经的敏感性, 动员更多的运动单位参与收缩, 并使专项比赛时参与的快肌运动单位增加, 因而可提高跑速^[3]。

分期力量训练的第 1 阶段侧重全身性基础力量训练, 尤其是肢体和身体核心区肌群力量耐力的强化。目的在于弥补薄弱环节, 均衡发展主动、拮抗以及稳定肌群的力量。这为下一阶段进一步发展主动肌群力量水平打下坚实的基础^[15]。分期的第 2 阶段侧重最大力量训练。不可否认, 我国中长跑运动员对于最大力量训练多数采取回避的态度。教练认为, 最大力量训练与专项力量及耐力相关性不高, 而且担心运动员增重和容易受伤。然而, 国外研究表明, 经过严格控制(训练长度、方法及负荷结构等)的最大力量训练可以募集更多的运动单位, 增强了慢肌纤维运动单位的募集程度, 使其更加强壮。这样会在特定负荷下降低肌肉的参与程度, 能量需求也会相应降低, 同时可以提高运动单位的储备量^[20-23]。因此, 即便是耐力性项目运动员也应在系统的力量训练过程安排一定比重的最大力量训练, 从而进一步促进肌肉收缩能力, 提高后续阶段超等长训练效果以及降低过度使用造成的慢性运动损伤的发生。第 3 阶段(转化阶段)是分期力量训练的重点。肌肉耐力转换性训练目的是将前一阶段的力量训练有效地转化到肌肉耐力上去。肌肉耐力转化阶段的力量训练会募集更多的慢肌纤维, 进而会促进有氧能力的增加。研究显示, 长期系统的力量训练会使运动员的肌纤维亚型及体积发生一定变化^[17]。因此, 这一阶段突出了中长跑的专项需要, 而肌肉耐力训练很大程度上可以提高氧化酶水平和血乳酸耐受力, 增加毛细血管数量、密度。同时, 神经系统对分期力量训练也会产生良性适应的结果, 主要表现在提高中枢神经系统的抗疲劳能力, 促进 II b 向快肌 II a 的转化上。超等长训练能够优化肌纤维募集和编码模式、提高神经-肌肉系统协调能力。这些神经-肌肉系统的适应性变化有利于节省运动能量, 提高跑步经济性^[12, 14, 18]。

中长跑运动员在竞赛期不能完全取消力量训练, 一周应保证 1~2 次力量课训练, 每次训练 20~30 min。竞赛期的力量训练偏重于快速力量和快速力量耐力, 力量训练的负重低, 次数、组数不多(20~30 次以内, 2~3 组/练习), 以动作节奏快, 间歇以机体基本恢复为特点。这样的训练安排不仅可以保证运动员力量耐力水平, 同时还可以避免过度训练的发生^[15]。在重大比赛之前应该进行减量训练, 力量训练负荷也因此有所降低。在 5~12 d 之前停止力量训练, 以确保机体在重

大比赛前得到超量恢复, 形成最佳竞技状态。竞赛期结束后应安排过渡期。其中, 力量训练内容以非专项化为主, 负荷量度大幅降低, 应着重躯干稳定肌和专项对抗肌群练习。

3 结论与建议

1) 与非分期力量训练相比, 12 周分期力量训练对中长跑运动员最大摄氧量和跑步经济性提高效果更明显。*T* 检验发现, 实验组实验前后在 $VO_2\max$ 、65% $VO_2\max$ RE 和 85% $VO_2\max$ RE 上具有差异性。对照组实验前后在 85% $VO_2\max$ RE 上具有差异性。

2) 实验后, 实验组与对照组在 800、1 500 m 成绩上无差异, 但在 5 000 m 成绩上存在差异。实验前后, 实验组 5 000 m 成绩差异非常显著。相比之下, 实验前后对照组在 800、1 500、5 000 m 成绩上均无差异。

3) 随着中长跑专项距离的增加, 跑步经济性的提高幅度具有一定的专项特征, 表现为 5 000 m 专项所对应的 65% $VO_2\max$ RE 提高幅度最大, 其次为 75% $VO_2\max$ 和 85% $VO_2\max$ 。

4) 中长跑运动员分期力量训练安排可以由基础力量期、最大力量提高期、肌肉耐力转化期、(竞赛)保持期以及过渡期彼此独立又相互联系的阶段组成, 通过各阶段训练内容与重点的安排最终达到提高运动成绩, 降低过度训练与伤病的目的。

参考文献:

- [1] Morgan D W, Craib M. Physiological aspects of running economy[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1992, 24(4): 456-461.
- [2] Jons A M, Cater H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness[J]. *Sports Medicine*, 2000, 29(1): 373-386.
- [3] Coyle E F. Physiological determinants of endurance exercise performance[J]. *Science of Medicine Sport*, 1999, 2(3): 181-189.
- [4] Saunderson P U, Byne R D, Teiford, et al. Factors affecting running economy in trained distance runner[J]. *Sports Medicine*, 2004, 34(5): 465-485.
- [5] Anderson T. Biomechanics and running economy[J]. *Sports Medicine*, 1996, 22(2): 76-89.
- [6] Armstrong L E, Gehlsen G. Running mechanics of national class distance runners during a marathon[J]. *Track and Field Quarterly Review*, 1995, 85(2): 37-39.
- [7] Daniel D A. Physiologist view of running economy[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1985,

- 17(3): 332-338.
- [8] Thomas D Q, Fernhall B, Grant H. Changes in running economy during a 5 km running trained men and women runners[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1999, 13(2): 162-170.
- [9] Rowell L B, Brengelmann G L, Murray J A, et al. Human metabolic responses to hyperthermia during mild to maximal exercises[J]. *Journal of Applied Physiology*, 1999, 26(4): 395-402.
- [10] Paavolainen L, Häkkinen K, Hamalainen L, et al. Explosive strength training improves 5 km running time by improving running economy and muscle power[J]. *Journal of Applied Physiology*, 1999(86): 1527-1533.
- [11] Paul J, Theodoros M. Resistance training for distance running: a brief update[J]. *Strength and Conditioning Journal*, 2007, 28(1): 28-35.
- [12] Turner A M, Owings M, Schwane J A. Improvement in running economy after 6 weeks plyometric training [J]. *Journal of Strength Conditioning Research*, 2003(17): 60-67.
- [13] Spurrs R W, Murphy A J, Watsford M L. The effect of plyometric training on distance running performance[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2002, 89(4): 1-7.
- [14] Isabel S, Moore N, Andrew M, et al. Mechanisms for improved running economy in beginner runners[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2012, 44(9): 1756-1763.
- [15] Tudor B. Periodization for sports[M]. Champaign, IL: Human Kinetics, 1999: 239-254.
- [16] Stone M H. Periodization strategies[J]. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 2003, 24(4): 23-26.
- [17] Fleck J, Kraemer W. Periodization breakthrough[M]. Advanced Research Press, 1996: 87-117.
- [18] Turner. The science and practice of periodization: a brief review [J]. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 2011, 33(1): 34-46.
- [19] 李山. 田径运动全年大周期力量训练分期理论研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2002: 14-47.
- [20] Baechle T R, Earle E W. Essentials of strength training and conditioning[M]. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2008: 459-472.
- [21] Olav K. Strength training in middle and long distance running[M]. *Modern Athlete and Coach*, 1986, 24(2): 3-6.
- [22] Jung A P. The impact of resistance training on distance running performance[J]. *Sports Medicine*, 1998(32): 39-43.
- [23] Alexander R M. Energy-saving mechanisms in walking and running[J]. *The Journal of Experimental Biology*, 1991, 160(10): 55-69.

