



优秀自由泳运动员分段时间的特征研究

Characteristic Research on Lap Times of Elite Swimmers in Freestyle Swimming

李旭鸿^{1,2}, 范年春³, 刘公博², 李征艳², 孙泊⁴

LI Xu-hong^{1,2}, FAN Nian-chun³, LIU Gong-bo², LI Zheng-yan², SUN Bo⁴

摘要: 对近4届世界游泳锦标赛上高水平(决赛和半决赛)自由泳运动员的运动成绩进行分析,其中男、女各224人共历时7年。通过各分段时间与最终成绩的相关分析,以及历届不同水平、性别的优秀运动员在各个项目上的分段时间进行研究。结果发现,在任何项目上,不论水平高低,自由泳运动员都呈现较为类似的时间分配模式,其中在短距离项目上,水平越高的运动员前后半程的分段时间差越小并趋于均衡;在中距离项目上,男子运动员后半程保持速度的能力优于女子,历届世锦赛的获胜者在每个分段上处于领先地位,尤其在途中的游速上;同时长距离项目上水平较高的运动员在途中的分段时间有明显的下降趋势(加速)且变化较小,而水平稍差的运动员有明显的上升趋势(减速)。建议教练员和运动员在保持总分段时间分配特征的前提下,通过技术优化和力量训练来提高分段成绩,进一步提高比赛成绩。

关键词: 自由泳;优秀运动员;分段时间;特征

Abstract: Swimming performance was analyzed for top level freestyle swimmer (semi-finalists and finalists) in nearly four Swimming World Championships over 7-year period (224 males, 224 female). The pattern of lap time adopted in international swimming competition was evaluated by quantifying the relationship of each lap to final time and characterizing the elite swimmers in each event regardless of the gender, finish position. The result indicated a similar pattern of lap time was adopted in each event of the top level swimmers, the different of lap time was reduced in forth and back event of sprint event; the ability of maintain in the middle laps speed of male swimmers super to the female swimmers in the middle event, each competition in swimming world championship the winner maintained a lead through each of the intermediate laps, especially in speed of middle laps. The winner had their lap time distribution of swimming as descending line and with very small difference between lap times in the entire distance. Other swimmers had ascending line or flat line. So coaches and swimmers should look to address improvement in technique and fitness in laps that will result in the greatest performance.

Key words: freestyle swimming; lap times; elite swimmer; character

中图分类号:G861.11

文献标识码:A

1 前言

在竞争日益激烈的竞技体育比赛中,获取优异的成绩与许多因素密不可分。对于高水平运动员而言,即使微不足道的细节也会影响到最终的冠军归属。因此,在任何一个项目上,体育工作者对一些影响运动成绩的细节或关键因素都做了大量的研究。比如游泳项目,大多数研究集中在运动员的身体形态特征^[8]、划水技术特征(划频、划幅、技术指数等)^[3-5,10-11,13,18,19]和配合时机(划水时相、配合模式等)^[4,9,20-23],推进力和阻力的增减^[22]、出发和转身^[1,6]等技术环节上。遗憾的是,对在游进过程中的速度分配模式进行研究较少^[2,7,10]。其实速度分配在世界游泳比赛中具有十分重要的地位,主要体现在一些运动学和时相指标

上,比如各分段的时间分配也被认为是决定比赛走势的一

收稿日期:2011-11-14; 修订日期:2012-02-02

作者简介:李旭鸿(1976-),男,江苏徐州人,助理研究员,主要研究方向为游泳技术分析, Tel: (0571) 85062271, E-mail: amanen@163. cm.

作者单位:1. 浙江体育科学研究所,浙江 杭州 310004; 2. 上海体育学院 运动科学学院,上海 200438; 3. 杭州师范大学 体育与健康学院,浙江 杭州 310036; 4. 聊城大学 体育学院,山东 聊城 252059

1. Zhejiang Research Institute of Sport Science, Hangzhou 310004, China; 2. Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 3. School of Physical Education and Health, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China; 4. College of Physical Education, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China.

一个重要因素。特别是那些实力接近的运动员之间,选择合适的战术至关重要,当然在一些重大比赛,中优秀运动员也会根据自身条件或者对手的实际情况进行调整,确定最行之有效的战术策略来参加比赛^[16-17]。而有经验的教练员和科研人员都有这样的认识,如果想获取最终的胜利,在100 m项目中第1个50 m的快速出发是必须的,200或400 m主要要求较高的匀速,也有一些400 m项目的获胜者要求较强的冲刺能力,而长距离项目(800和1500 m)一般都是出发和冲刺较快,而途中匀速。同时还有一些研究指出,对于中、短距离的优秀运动员,100 m的第2个50 m和200 m中间两个50 m的分段时间分别与运动成绩呈显著性相关^[13-14]。而长距离项目上,优秀运动员大多都采取匀速游进的战术策略,在速度分配上比成绩差的运动员更为合理^[2,7]。

然而,在实际比赛中,一些个人的速度分配模式或技战术并不一定是个人最优化的模式,基于自身水平和驾驭比赛的能力,有时会根据实际对手情况,特意制定的一些技战术,旨在试图打乱对手来获取最终的胜利。虽然优秀的教练员一般都会在赛前根据实际情况建议运动员布置一定的技战术策略,然而,由于缺乏科学的数据支持,特别是一些国际大赛中优秀运动员的分段时间对运动成绩的影响程度,因而始终无法给出一个令人信服的指导依据。所以,很有必要对游泳比赛中各分段时间与最终运动成绩的相关程度,不同水平的优秀运动员在同一项目中的时间分配是否存在差异,历届大型世界比赛中优秀运动员的时间分配是否又会发生变化等进行研究。本研究的目的,比较近几届世界游泳锦标赛优秀运动员(半决赛和决赛)的每个分段时间(每50 m或100 m作为1个分段)与最终运动成绩的相关程度,不同水平、性别的优秀运动员在同一项目上是否存在时间分配的差异,旨在揭示世界优秀自由泳运动员速度分配模式的变化规律,并希望藉此为教练员

和运动员科学训练、制定比赛技、战术策略提供一定的参考依据。

2 研究对象与方法

2.1 研究对象

以参加世界游泳锦标赛100 m、200 m、400 m、800 m和1500 m自由泳半决赛和决赛的运动员为研究对象,共有男、女运动员各224人(次),历时7年(2005年蒙特利尔、2007年墨尔本、2009年罗马和2011年上海)。

2.2 研究方法

1. 信息收集,实时收集国际泳联官方网站(<http://www.fina.org/>)游泳重大比赛的成绩公告,获得比赛的分段成绩;

2. 数理统计法,利用SPSS 10.0对每个分段时间(50 m或100 m)与运动成绩进行统计和Person相关分析,得到各分段时间的均值、标准差($\bar{X} \pm SD$),及两者之间的相关系数($P \leq 0.05$ 为显著水平, $P \leq 0.01$ 非常显著性水平),并利用Origin pro 8.0绘制图形。

2.3 定义

分别定义每个项目决赛中的第1名、2~3名、4~8名为高水平1组(简称高1)、高水平2组(简称高2)和高水平3组(简称高3),目的是寻找高水平运动员之间的时间分配特征,是否具有有一定的规律可循。

3 研究结果

3.1 各分段时间与运动成绩的相关性

在100 m比赛中,自由泳运动员在半决赛和决赛中的分段时间均与运动成绩呈显著性相关,其中不论男、女运动员第2个50 m呈现相对较高的相关性(表1),相关系数均值分别为0.75(男),0.87(女)。

表1 男、女运动员在100 m、200 m和400 m自由泳比赛中各个分段时间与最终成绩的相关系数一览表

| | 自由泳 | 100 m | | 200 m | | | | 400 m | | | |
|----|-----|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | | Lap1 | Lap2 | Lap1 | Lap2 | Lap3 | Lap4 | Lap1 | Lap2 | Lap3 | Lap4 |
| 男子 | 决赛 | 0.80 | 0.71 | 0.71 | 0.85 | 0.80 | 0.79 | 0.59 | 0.64 | 0.89 | 0.81 |
| | 半决赛 | 0.67 | 0.79 | 0.61 | 0.84 | 0.81 | 0.75 | | | | |
| | 平均值 | 0.74 | 0.75 | 0.66 | 0.84 | 0.81 | 0.77 | | | | |
| 女子 | 决赛 | 0.67 | 0.85 | 0.42 | 0.86 | 0.88 | 0.79 | 0.61 | 0.87 | 0.86 | 0.85 |
| | 半决赛 | 0.72 | 0.88 | 0.62 | 0.87 | 0.89 | 0.81 | | | | |
| | 平均值 | 0.70 | 0.87 | 0.52 | 0.86 | 0.89 | 0.80 | | | | |

注:以上数据是近4届世界游泳锦标赛男、女运动员在半决赛和决赛中相关系数(400 m除外),Lap1表示各个项目中的第1个分段,以此类推。

在200 m决赛和半决赛中均发现第2、3个50 m的分段时间与比赛成绩呈现相对较高的相关性($r > 0.80$)。而在400 m决赛中男子运动员第3个100 m呈最强的相关($r = 0.89$),而女子运动员在后3个100 m的分段时间与运动成绩呈较强的相关性($r > 0.85$)。

在800 m决赛中,男子运动员在第4~7个100 m的

分段,即后半程表现出较高的相关性($r > 0.88$),而女子在第2~5个100 m的分段,即前半程表现出较高的相关性($r > 0.87$)。男、女自由泳运动员在1500 m比赛中表现出相似的现象,均在中、后程表现出较高的相关性($r > 0.87$)。

3.2 各分段时间在半决赛和决赛中的特征

在 100 m 比赛中,决赛中运动员各分段成绩均优于半决赛,同时决赛运动员在前、后半程的时间分配上分别相差 2.35 s(男)、2.13 s(女),半决赛运动员则为 2.19 s(男)、2.06 s(女)。说明女子后 50 m 耗时略少,时间分配较为均匀。然而,不论半决赛还是决赛,100 m 比赛的时间分配极为相似(图 1a)。

男子运动员在 200 m 决赛中,每个分段的成绩都领先于半决赛,特别在中间两个 50 m 最大相差 0.46 s,最后冲刺阶段差距缩小。说明在半决赛中运动员的时间分配显然没有决赛合理,当然,没有进入决赛的运动员实力略逊一筹也是一个原因。200 m 比赛中,女子运动员在决赛和半决赛中的战术略有不同,决赛运动员先发制人,半决赛运动员后程发力,逐步缩短差距。当然,在最后 1 个 50 m 的时间分配上两者略有不同,男子运动员最后 1 个分段时间低于第 3 个分段,而女子略高于第 3 个分段,但幅度较小,整体时间分配较为相似(图 1b)。

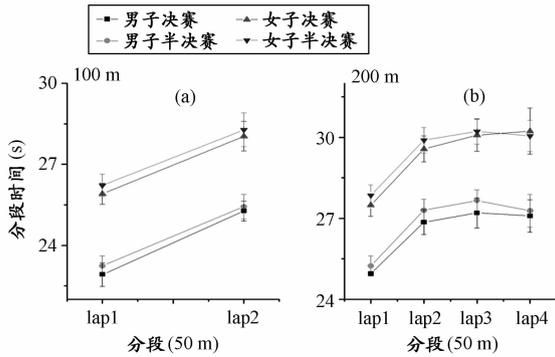


图 1 近 4 届世界锦标赛 100 m、200 m 自由泳项目中半决赛和决赛的分段时间折线图($\bar{X} \pm SD$)

3.3 分段时间在近 4 届世界锦标赛上的变化特征

男子运动员在 100 m 决赛中前后半程的分段时间平均相差 2~3 s,而 2009 年罗马世界锦标赛差距最大(2.54 s),同时,每个分段时间都完全处于领先地位,第 1 个 50 m 的优势最为突出,当然成绩优异的创造要归功于高科技泳衣,由于鳄鱼皮的贴身效果,减小阻力起到加速的作用,因此,它是新纪录的催生剂。而 2011 年前后半程分段时间逐步减小到最低(2.11 s),表明随着现代训练水平和运动员能力的提高,时间分配趋于均匀(不考虑出发的影响)(图 2a)。女子运动员在 100 m 决赛中第 1 个 50 m 的分段成绩相差不大,特别最近 3 届几乎相同。而第 2 个 50 m 的分段成绩差异非常显著,特别是 2009 年罗马世界锦标赛遥遥领先(图 2a),当然,这也归于鳄鱼皮的功劳。从另一方面也验证了第 2 个分段时间的变化对运动成绩具有较大影响,整体来说,100 m 比赛的速度分配还是快-慢的模式(出发的影响),但差距在逐步缩小。

的提高,历届自由泳运动员各分段时间逐步减少(图 3)。200 m 比赛中男子运动员逐步加强了第 1、3 和 4 个分段的速度来提高运动成绩,且有明显的快速冲刺。而女子运动员减少了第 1、2 和 3 个分段的时间,最后 1 个分段用时相对较多(2009 年除外)(图 3a),男、女运动员各分段的时间分配差异主要是在最后 1 个 50 m 上。男、女运动员在 400 m 比赛中的时间分配模式大致相同,但是,男子主要的战术策略是第 1 个 50 m 的快速出发和最后 1 个 50 m 强劲的冲刺,而女子运动员从第 3 个 50 m 开始就快速游进而提高运动成绩(图 3b)。

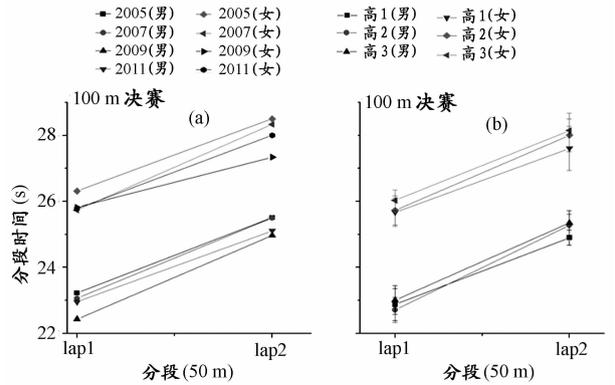


图 2 历届世界游泳锦标赛和不同水平运动员在 100 m 自由泳决赛中的分段时间折线图

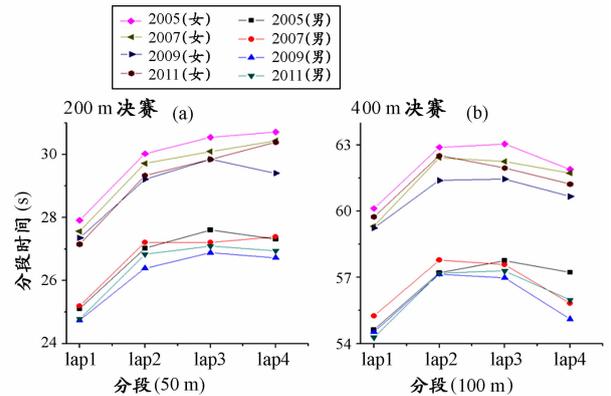


图 3 历届世界游泳锦标赛在 200 m 和 400 m 自由泳决赛中的分段时间折线图

男、女运动员在 800 m 比赛中,从历届的表现来看,中间的分段时间明显减少(图 4a)。近两届世界锦标赛上,男子运动员在 300 m 之后就加速,途中的分段时间有明显的下降趋势(说明速度增大),而前两届的分段时间呈平台且有上升趋势。说明男子长距离运动员在后程发力和保持速度的能力上有了很大的提高。而女子运动员在前 3 届世界锦标赛上途中的分段时间整体呈平台式,而 2011 年上海世界锦标赛有一定的下降趋势,说明女子运动员随着科学的训练,整个时间分配更加合理,保持速度的能力得到提高。最后 1 个 100 m 男子运动员冲刺能力逐步增

强,而女子变化不大(2009年除外)(图4a)。1500m比赛中,男、女运动员的时间分段模式较为相似,第1个100m速度较快,在第8个100m前后速度开始下降,同时,还发现女子前两届世界锦标赛在后程降速较为明显,而后两届下降幅度较小。男子运动员在前半程有100~200m的加速,然后,速度慢慢下降,但幅度较小,最后100m都是快速的冲刺(图4b)。整体看,男子运动员在前半程有加速,后半程降速的现象,但是,幅度都不明显,而女子运动员在近两届世界锦标赛上的时间分配趋于平均,但每段时间都在增加,同样幅度不大。

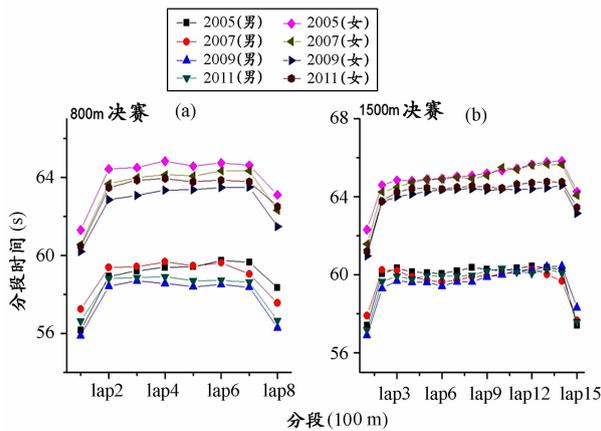


图4 历届世界游泳锦标赛在800m和1500m自由泳决赛中的分段时间折线图

3.4 不同水平的运动员在分段时间上的差异

在100m比赛中,不论水平高低,男、女运动员时间分配极为相似,但是获胜者前半程虽然与对手相差不多,但后半程的冲刺能力较强,前后半程分段时间差最小,时间分配更加均衡(图2b)。

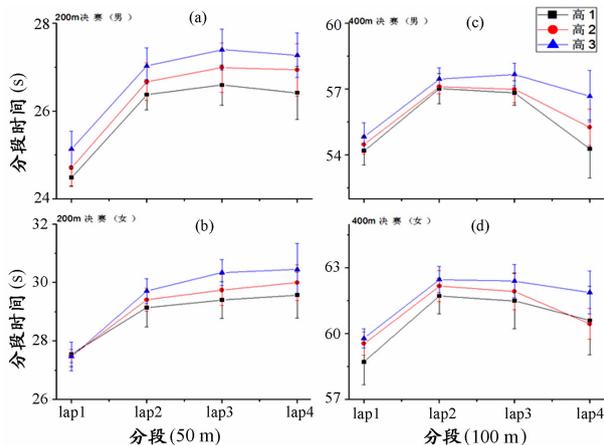


图5 不同水平运动员在200m和400m自由泳决赛中的分段时间折线图

男子运动员在200m比赛中,不论水平高低其时间分配极为相似,获胜者在每个分段都处于领先位置,并有逐

步拉大的趋势,在最后1个50m都有较强的冲刺(图5a)。女子运动员虽然第1个50m的分段时间大致相同,但获胜者随后逐步拉开差距(图5b)。男、女在200m项目上的时间分配模式主要在第4个分段上有明显差异,男子是加速冲刺,女子是降速冲刺,但加速或降速的幅度较小(图5a,b)。在400m比赛中,男、女运动员的时间分配大致相同。男子获胜者从第3个100m开始拉大与对手的差距,在最后100m水平越高冲刺能力越强(图5c)。女子获胜者表现出较强的出发能力,后半程有明显的加速趋势,但冲刺过程中加速不明显(图5d)。

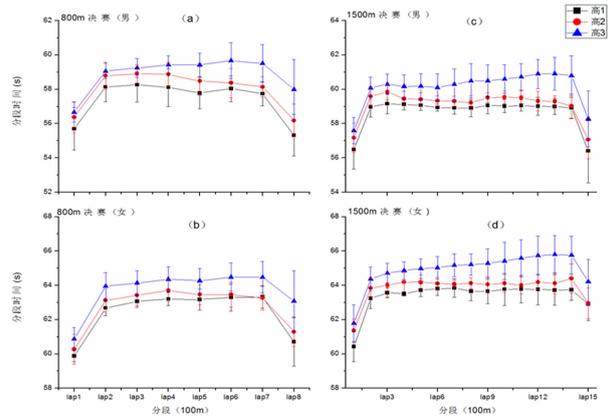


图6 不同水平运动员在800m和1500m自由泳决赛中的分段时间折线图

在长距离项目上,水平较高的运动员在途中的各分段时间有明显减少或均匀分配的趋势,而水平稍差的运动员时间分配上有明显上升的趋势(图6),特别是在1500m比赛中(图6)。说明获胜者在途中加速或保持匀速的能力优于对手,同时每个分段时间的差异不大,而水平稍差的运动员差异比较大。

4 分析与讨论

众所周知,技术的优化和专项力量的增加都对运动成绩的提高有重要的影响,然而,时间分配对于高水平运动员也是至关重要的。在世界大赛中若违背合理的时间分配模式,即使能力再强的运动员也有可能无法发挥自身的竞技水平,因此,很有必要对各个项目的时间分配模式进行细致的研究,通过量化近4届世界游泳锦标赛中每个项目的分段时间与运动成绩的相关程度,及分段时间在不同水平、不同比赛中的变化特征,探索高水平自由泳运动员的速度分配模式。一方面,希望藉此为教练员的科学化训练、赛前的技战术制定提供的参考;另一方面,可以帮助体育科研人员对当今世界竞技项目的时间分配模式有一个全新的认识。

从分段时间与运动成绩的相关性上发现,在100m比赛中的最后1个50m与200m的中间两个分段时间与分

别运动成绩高度相关,这个与 Robertson 等的研究结果相似^[14]。而在 400 m 比赛中男子在第 3 个 100 m 和女子在第 2、3 和 4 个 100 m 处与运动成绩出现高度相关。长距离项目上,男子在 800 m 比赛的前半程,而女子在后半程分别与运动成绩高度相关,在 1 500 m 比赛中,男、女自由泳运动员均从第 4 个 100 m 的分段上开始与运动成绩高度相关,直至第 14 个分段。根据 Pyne 等的研究结果,相关程度越高的分段环节越容易提高在比赛中的位置(名次)^[14,18,25]。因此,优秀的教练员应该加强运动员个性化的时间分配模式,找出与运动成绩高度相关程度高的分段,以此来强化训练进而提高运动成绩。

从历届世界锦标赛的比赛结果分析不难发现,不论性别、水平的高低自由泳运动员在每个项目上大多都会采取相似的时间分配方式,当然成功的选手在每个分段时间和比赛成绩上都比较突出(图 5、6)。2009 年罗马世界锦标赛的成绩有目共睹,让世人看到科技泳衣的伟大之处,每个分段时间都遥遥领先一骑绝尘(图 3、图 4),在出发和转身等方面也极为出色。虽然本研究不能直接证明这种时间分配方式是否有意安排还是运动员真实水平的反映,但是通过近 7 年来世界优秀运动员在比赛中获得成功的数据解读,可以从侧面反映出自由泳项目时间分配模式的端倪,为运动训练提供一点启示。在同一项目上,相关程度越高的分段环节较容易改变运动成绩,因此成绩较差的运动员应该重点在技术优化和力量训练上下功夫,而不是在战术策略上^[14,25]。

在短距离上,虽然分段时间与运动成绩的相关系数在半决赛和决赛中有所差异,但两者的时间分配模式极为相似,这与短跑项目的研究比较吻合,半决赛中的最后 1 名运动员的分配模式与冠军一样^[26]。同时快-慢的体能分配模式已经在其他项目上得到证实^[18,26],第二个分段时间慢,主要是因为身体机能不断的调整来适应这种高强度的比赛,希望在有限的生理范围之内加以休息,在后半程加速^[26]。每届的高水平运动员相对其他对手都具有较强的冲刺能力(图 2),同时前后半程的分段时间差较小,而成绩较差的运动员在前后 2 个分段时间上有明显的差异^[12,24]。如果整个过程运动员能全力游进肯定是最好的,特别是在能量逐步衰减的前提下,还能保持较高的速度来完成是相当不容易的,原因就是高速游进的过程中,人体受到强有力的阻力,而其他项目上显然阻力没有这么大^[15,27],且能量的衰减导致较大的降速^[15]。获得成功的运动员最大的特征就是较快的分段时间,及保持速度的能力,很多研究也表明,最成功的短距离运动员在后一个半程也能保持途中高速游进^[12,24],成绩最好的运动员速度要在每个分段时间上都能保持较高的水平^[12],同时拥有较好的出发、转身和冲刺能力^[10]。

在中距离项目上,历届获胜者在每个分段时间上都处

于领先地位,其时间分配特征表现为快速的出发,随后匀速游,最后一个匀速或者加速冲刺。然而,男、女之间有着一定的差别,男子优秀运动员在最后一个分段会加速冲刺,速度略高于速度最慢的第 3 个分段,而女子优秀运动员从第 2 个分段开始,速度就一直下降,但幅度较小。这也与男子 200 m 比赛成绩与第 3 个分段高度相关,女子与后 3 个分段相关的结果比较吻合(表 1),由于 200 m 项目是乳酸系统供给能量,在人体内大量乳酸堆积的情况下,要求肌肉依然以次最大强度来工作。人体需要一定的时间不断调整身体机能来适应这种高强度的刺激,因此,造成运动员在后半程的速度有所降低^[26]。400 m 比赛的时间分配特征是快速的出发和冲刺,途中保持匀速(图 5c、d)。已经有研究证实,较为突出的途中速度是最成功的战术策略^[17,27],因此在保持整体时间分配模式的基础上,不断加强速度耐力训练,速度耐力发展水平的高低在很大程度上决定着运动成绩的优劣。

在长距离项目上,不论性别和水平的差异,自由泳运动员的时间分配模式极为相似,但是,世界大型比赛中水平较高的运动员在途中的时间分配模式是呈下降(加速)趋势的,而成绩稍差的运动员则呈上升(降速)趋势,表明最优秀的运动员具有较高保持速度的能力或均匀加速的能力。类似的研究也指出,优秀长距离运动员在比赛过程中速度分配上比较合理,差距主要体现在训练水平和能力的高低上^[2,7]。而匀速游进的优点是全身协调性强,氧债积累少,比较省力,节奏感最强。

笔者认为,当前自由泳分段时间的变化趋势主要源于训练手段和方法的多样化和训练理念的不断更新。首先,不断增加快速游的距离比重,无氧有氧的混合、无氧耐力、耐乳酸和速度训练的比重从 30% 增加到 50% 左右,使机体的心肺系统功能承受力、忍耐力都有了长足的提高,而且,逐步缩短间歇时间的训练手段,比较适合比赛强度而且要求越游越快,这样的极高强度刺激使运动员易于适应高强度比赛;其次,训练中重视打腿的训练,使一些优秀运动员在比赛中获益匪浅,不仅为后程加速提供保障,同时,还能改进技术。再加上当前以赛代练的策略增强运动员的比赛能力,有氧耐力的强度有了大幅提高,为长距离项目的后程加速和保持速度的能力提供基础保障;最后,训练手段的多样化,特别是水中力量训练的创新,比如负重划水打腿、水中牵引、游泳水槽的技术和速度训练等,为专项能力的提高打下坚实的基础,还能提高运动员训练的积极性和训练效果,同时技术的细化,增加划水效果,减少速度的波动,降低能量消耗,减少乳酸堆积,保证运动员以最佳竞技状态完成比赛。当然,高科技泳衣“鲨鱼皮”由于紧贴身体减小阻力,增加滑水效果,进而提高运动成绩。2009 年罗马世界游泳锦标赛上 14 个国家的运动员先后 43 次刷新了 31 项世界纪录,使之成为破世界纪录最多的

一次游泳大赛而载入史册,虽然有人认为是泳衣引起的,笔者认为运动员能力的提高也是不可忽视的一个重要因素。

当然,在我们的分析中利用每个分段时间与运动成绩的相关来解读时间分配模式,而众所周知每个分段时间都不是孤立存在的,它们之间相互影响,但是,我们利用每个分段时间的平均相关系数来比较它们对运动成绩的影响程度大小。总之,不论是水平高低,不论性别,历届世界锦标赛的自由泳运动员的时间分配模式都是相似的,因此也暗示我们分段时间的模式是不能改变的。优秀的教练员应该加强每个分段上的力量训练和技术改进(出发、转身和划水技术),在改变各个分段时间的基础上进一步提高运动成绩。

5 结论与建议

1. 不论水平高低、性别差异,每个项目的时间分配模式都较为相似,建议教练员和运动员在不改变项目的总体时间分配模式,可以通过技术改进、力量训练等来提高分段时间进而提高运动成绩。

2. 随着游泳训练的科学化和训练理念的不断更新,自由泳项目的分段成绩有了长足的进步,但总体时间分配模式不变。在短距离项目上,优秀高水平自由泳运动员的前后分段时间差有逐步缩小趋于均衡的趋势。

3. 长距离项目上,近4届世界游泳锦标赛水平较高的自由泳运动员,其分段时间曲线在途中分配上有明显下降(加速)或不变(匀速)的趋势,而水平稍差的优秀运动员呈现逐步上升(降速)趋势,表明水平越高的自由泳运动员不仅拥有出色的出发和转身,同时也在途中也具有较强的加速和保持速度的能力。

参考文献:

- [1] 何新中. 对游泳运动员出发转身下肢力量训练的研究[J]. 游泳季刊, 2003, (2): 5-9.
- [2] 黄奕华, 马吉光. 我国男子1500 m自由泳与世界先进水平的差距及主要原因[J]. 上海体育学院学报, 1991, 15(3): 9-15.
- [3] 李旭鸿, 仰红慧, 徐心浩, 等. 对自由泳运动员在水槽和泳池训练技术参数的相关研究[J]. 中国体育科技, 2008, 44(4): 87-90.
- [4] 李旭鸿, 杨红春, 毛旭江, 等. 不同距离对自由泳运动员划臂配合技术的影响[J]. 中国体育科技, 2010, 46(3): 49-53.
- [5] 林洪, 阎超, 何枫, 等. 游泳运动技术优化与创新的研究[J]. 体育科学, 2006, 26(4): 40-57.
- [6] 杨红春, 陶嵘, 应春意, 等. 从2008年两次全国游泳比赛看两种出发技术优劣[J]. 中国体育科技, 2010, 47(4): 68-72.
- [7] 张明飞. 优秀长距离自由泳运动员比赛全程速度分配特征的研究[J]. 体育科学, 2002, 22(1): 71-76.
- [8] 张明飞, 程燕, 章一华. 我国优秀游泳运动员身体形态和水感指标研究与分析[J]. 中国体育科技, 2006, 42(5): 85-88.
- [9] ALBERTY M, SIDNEY M, HUOT-MARCHAND F, *et al.* In-

tracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke[J]. *Int J Sports Med*, 2005, 26(6): 471-475.

- [10] ARELLANO R, BROWN P, CAPPAERT J, *et al.* Analysis of 50, 100, and 200 m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games[J]. *J Applied Biomechanics*, 1994, (10): 189-199.
- [11] CHENGALUR S, BROWN P. An analysis of male and female Olympic swimmers in the 200-meter events[J]. *Can J Sport Sci*, 1992, 17(2): 104-109.
- [12] CHOLLET D, PELAYO P, DELAPLACE C, *et al.* Striking characteristic variations in the 100-m freestyle for male swimmers of differing skill[J]. *Perceptual Motor Skills*, 1997, 85(1): 167-177.
- [13] CHOLLET D, PELAYO P, TOURNY C, *et al.* Comparative analysis of 100m and 200m events in the four strokes in top level swimmers[J]. *J Human Move Studies*, 1996, 31(1): 25-38.
- [14] ROBERTSON E Y, PYNE D B, HOPKINS W G, *et al.* Analysis of lap times in international swimming competitions[J]. *J Sports Sci*, 2009, 27(4): 387-395.
- [15] FOSTER C, DE KONING J O S J, HETTINGA F, *et al.* Pattern of energy expenditure during simulated competition[J]. *Med Sci Sports Exe*, 2003, 35(5): 826-831.
- [16] FOSTER C, SCHRAGER M, SNYDER A, *et al.* Pacing strategy and athletic performance[J]. *Sports Med*, 1994, 17(2): 77-85.
- [17] FOSTER C, SNYDER A N N C, THOMPSON N N, *et al.* Effect of pacing strategy on cycle time trial performance[J]. *Med Sci Sports Exe*, 1993, 25(3): 383-388.
- [18] KEVIN G THOMPSON REGIONAL MANAGER D, MACLAREN D P M, LEES A, *et al.* The effects of changing pace on metabolism and stroke characteristics during high-speed breaststroke swimming[J]. *J Sports Sci*, 2004, 22(2): 149-157.
- [19] POTDEVIN F, BRIL B, SIDNEY M, *et al.* Stroke frequency and arm coordination in front crawl swimming[J]. *Int J Sports Med*, 2006, 27(3): 193-198.
- [20] SEIFERT L, BOULESTEIX L, CHOLLET D. Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl[J]. *Int J Sports Med*, 2004, 25(3): 217-223.
- [21] SEIFERT L, CHOLLET D, ALLARD P. Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl[J]. *Human Move Sci*, 2005, 24(2): 234-256.
- [22] SEIFERT L, CHOLLET D, BARDY B. Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis[J]. *J Sports Sci*, 2004, 22: 651-660.
- [23] TAKAGI H, SUGIMOTO S, NISHIJIMA N, *et al.* Differences in stroke phases, arm-leg coordination and velocity fluctuation due to event, gender and performance level in breaststroke[J]. *Sports Biomechanics*, 2004, 3(1): 15-27.
- [24] THOMPSON K G, HALJAND R, MACLAREN D P. An analysis of selected kinematic variables in national and elite male

and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers[J]. J Sports Sci, 2000, 18: 421-431.

[25] TREWIN C B, HOPKINS W G, PYNE D B. Relationship between world-ranking and Olympic performance of swimmers [J]. J Sports Sci, 2004, 22(4): 339-345.

[26] TUCKER R, LAMBERT M, NOAKES T. An analysis of pa-

cing strategies during men's world-record performances in track athletics[J]. Int J Sports Physiol Performance, 2006, 1(3): 233-245.

[27] VAN INGEN S G J, DE KONING J J, DE GROOT G. Optimisation of sprinting performance in running, cycling and speed skating[J]. Sports Med, 1994, 17(4): 259-275.

(上接第 24 页)

1. 注重发现和保护运动员的个性化特点,在对运动技术精雕细琢的基础上,我国优秀女子三级跳远运动员应当加强绝对速度的训练。

2. 提高广大教练员对助跑倒二步重要性的认识,重视运动员智能的开发,培养运动员心理自控和调节能力。

3. 建议国内运动员以“大~小”的步长节奏与“慢~快”的速度节奏进行匹配,提高助跑的实效性。

参考文献:

[1] 韩敬. 我国女子三级跳远运动员水平速度损失诸因素的分析研究[J]. 西安体育学院学报, 2002, 19(2): 74-76.

[2] 苑廷刚, 李爱东, 李汀, 等. 我国优秀女子三级跳远运动员谢荔梅 14.90m 关键运动学参数[J]. 中国体育科技, 2008, 44(5): 91-94.

[3] 赵厚亚, 王亚军. 我国部分优秀女子三级跳远运动员助跑速度及节奏研究[J]. 山东体育科技, 2005, 27(4): 4-7.

[4] 周二三, 黄坚毅. 中外优秀女子三级跳远运动员技术的比较研究[J]. 广州体育学院学报, 2007, 27(2): 44-48.

(上接第 39 页)

参考文献:

[1] 任满迎, 潘磊. 不同频率振动刺激力量训练对膝关节肌群肌力影响的实验研究[J]. 首都体育学院学报, 2008, 20(3): 72-75.

[2] 王兴泽, 王冰, 胡贤豪. 振动力量训练综述[J]. 山东体育学院学报, 2007, 23(1): 63-66.

[3] 吴毅, 占飞. 等速肌力测试和训练技术在运动医学中的运用[J]. 中国运动医学杂志, 2002, 21(1): 81-84.

[4] DE RUITER C J, VAN RAAK S M, SCHILPEROORT J V, *et al.* The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee

extensors[J]. Eur J Appl Physiol, 2003, 90(5-6): 595-600.

[5] ROELANTS M, DELECLUSE C, GORIS M, *et al.* Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females [J]. Int J Sports Med, 2004, 25(1): 1-5.

[6] SABINE MP VERSCHUEREN, MACHTELD ROELANTS, DIRK VANDERSCHUEREN, *et al.* Effect of 6-Month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study[J]. J Bone Mineral Res, 2004, 19(3): 352-359.

