

•竞赛与训练•

女子 5 000 m 速滑优秀运动员滑跑节奏与心率变化的关系

张守伟¹, 张志成², 徐莹³

(1.东北师范大学 体育学院, 吉林 长春 130024; 2.吉林农业大学 军事体育教研部, 吉林 长春 130017;
3.东北师范大学 附属小学体育组, 吉林 长春 130000)

摘 要: 为探索女子 5 000 m 速度滑冰优秀运动员不同滑跑节奏与心率变化的关系, 及该项目的最佳滑跑节奏, 在实验控制条件下测量 10 名被试运动员采用 3 种不同滑跑节奏进行 5 000 m 滑跑时的心率变化, 绘制运动员心率曲线并对心率均值进行单因素方差分析比较。实验结果: 运动员以最优成绩 80% 强度, 采用高弯低直节奏完成 5 000 m 滑跑时, 其心率均值明显低于其他节奏的心率均值; 该节奏心率曲线呈现规律性波动形态。结果提示, 高弯低直滑跑节奏可能有利于速度滑冰长距离项目中大强度负荷的机体长时间保持恒定心率, 有利于运动员创造优异成绩。

关 键 词: 竞赛与训练; 运动生理学; 速度滑冰; 滑跑节奏; 心率

中图分类号: G804.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2012)06-0113-05

Relations between the skating rhythms and heart rate changes of excellent women's 5 000 m speed skaters

ZHANG Shou-wei¹, ZAHNG Zhi-cheng², XU Ying³

(1.Department of Physical Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;

2. Department of Military Sports, Jilin Agricultural University, Changchun 130017, China;

3.Department of Physical Education, Primary School Attached Northeast Normal University, Changchun 130000, China)

Abstract: In order to probe into the relations between the skating rhythms and heart rate changes of women's 5 000 m speed skaters, and the optimal skating rhythm for this event, under experiment control conditions the authors measured the heart rate changes of 10 tested skaters when they carried out 5 000 m skating at 3 different skating rhythms, plotted their heart rate curves, did a single factor variance analysis and comparison on heart rate means, and revealed the following finding: when the skaters finished 5000m skating by using 80% of the strength for their best result, and by adopting a rhythm of high frequency skating at curve sections and low frequency skating for straight sections, their hart rate means were significantly lower than the heart rate means when they skate at other rhythms; the heart rate curves produced at such a rhythm showed a regularly waving shape. The finding indicated that a rhythm of high frequency skating at curve sections and low frequency skating at straight sections is probably helpful for the heavily loaded body to maintain a constant heart rate for a long time in a long distance speed skating event, and for skaters to create an outstanding result.

Key words: competition and training; sports physiology; speed skating; skating rhythm; heart rate

5 000 m 速度滑冰是耐力性周期运动项目, 运动员身体机能与滑跑技术是决定其运动成绩的重要因素。此外, 在特定强度下合理分配体力, 增加滑跑技术的力学输出功率, 减少能量消耗, 提高持续性最大速度,

获得最佳滑跑节奏是最为关键的。

滑跑节奏是指滑步中各部分动作强弱和时间间隔的关系^[1], 直观表现为直、弯道滑跑步频和步幅的节奏变化。目前, 世界高水平 5 000 m 速滑竞技中表现出

收稿日期: 2012-06-27

基金项目: 全国教育科学规划教育部重点课题(GLA102023); 国家体育总局哲学社会科学青年基金项目(1582SS10136)。

作者简介: 张守伟(1974-), 男, 副教授, 博士, 硕士研究生导师, 研究方向: 体育教育训练学。

来的滑跑节奏可以概括为以下 3 种：一是高弯低直节奏，即弯道采用高步频、小步幅、加速滑跑，直道采用低步频、大步幅，匀速滑跑节奏(I)；二是低弯高直节奏，即弯道采用低步频、大步幅，匀速滑跑，直道采用高步频、小步幅、加速滑跑(II)；三是匀速滑跑节奏，即直道弯道始终保持平均步频和步幅，匀速滑跑(III)^[2]。这 3 种节奏在速度滑冰滑跑技术的发展历程中，不同时代的代表人物采用各自的节奏和技术都取得过优异的成绩^[3]，虽然目前很多教练员和科研人员倾向于高弯低直节奏滑跑，但尚未有其倾向性选择的科学依据和实践研究证明。究竟哪一种滑跑节奏更有利于减少能量消耗，提高运动员身体机能反应，发挥技术优势，目前尚未有定论。

心率是反映运动员机能状态的最直接、最即时、

最实用、最可靠的生理指标^[4]。本研究在实验控制条件下测量 10 名被试运动员采用以上 3 种不同滑跑节奏进行 5 000 m 定速滑跑过程中心率变化情况。通过分析运动员心率变化情况，探寻以上 3 种滑跑节奏中运动员身体机能变化的差异及规律，进而筛选确定 5 000 m 速度滑冰项目的最佳滑跑节奏，为运动训练与比赛实践提供参考。

1 实验对象与研究方法

1.1 实验对象

在吉林省速滑队选择女子大全能速度滑冰一级以上运动员 10 名，该 10 名运动员在日常训练和比赛中已初步形成了个人滑跑节奏习惯和特点。被试者基本情况见表 1。

表 1 被试者基本情况

姓名	年龄	身高/cm	体重/kg	基础晨脉/(次·min ⁻¹)	5 000 m 最好成绩	习惯滑跑节奏
赵××	20	165	55	56	8 min 1.23 s	节奏 I
刘××	19	163	60	57	8 min 5.12 s	节奏 I
李××	21	167	62	52	8 min 4.56 s	节奏 III
卢××	18	168	63	45	8 min 1.26 s	节奏 II
王××	22	169	58	53	8 min 1.96 s	节奏 III
姜××	19	168	59	53	8 min 0.33 s	节奏 I
朱××	20	170	59	55	8 min 8.82 s	节奏 I
徐××	19	171	60	52	7 min 48.45 s	节奏 II
吉××	21	172	58	56	8 min 10.21 s	节奏 I
肖××	20	169	57	52	8 min 9.50 s	节奏 I

1.2 研究方法

1) 实验法。

在吉林省速度滑冰馆进行实地测试，测试滑跑距离为 5 000 m，共进行 3 次测试。第 1 次测试，被试者采用高弯低直节奏滑跑(I)；第 2 次测试，被试者采用低弯高直节奏滑跑(II)；第 3 次测试，被试者采用匀速节奏滑跑(III)。根据实验要求每次测试都在正常训练调整之后，测试时间间隔为 1 周，要求被试者每日自测晨脉。采用芬兰 Polar RS800CX/G3 遥测心率仪全程记录被试者滑跑过程中的心率，每圈在直道与弯道交界点和直、弯道中点处设定 8 个计量点，并且分别在计量点放置标志物，被试者每次通过标志物时计量即时心率。由专门实验人员负责计量运动员直、弯道的步频，心率与步频计量均从滑行开始后 200 m 处开始。在测试过程中，由于遥测心率表要求运动员在全程滑行中佩戴胸带，运动员滑跑过程中可能出现信号采集失真的现象，因此尽可能保证运动员胸带与皮肤接触紧密，另外在统计心率数据时对所有心率数值进行检查，将与前后两次心率差值超过 10 次/min 的异常数据剔除，以确保数据的真实性和有效性。

在整个实验控制过程中，预先给被试者讲解实验的目的与要求，使被试者对实验方法和控制都有深刻的理解。要求运动员在 3 次测试中按照自身最优成绩的 80% 强度对应的单圈速度滑跑，为保证被试者能按照实验设计速度滑行，被试者在测试过程中全程佩戴遥控耳机，由教练员全程监控滑行速度，并给予相应的速度提示。

2) 数理统计。

利用 SPSS15.0 统计软件对采集到有效的 8 名被试者 3 种滑跑节奏的心率数值进行单因素方差分析。以每名被试者采集到心率数值为观测变量，以不同的 3 种滑跑节奏为控制变量，采用 LSD 最小显著性差异法进行 3 种滑跑节奏心率数值之间的两两比较检测，以分析每个被试者 3 种不同滑跑节奏心率数值之间是否存在差异性。

2 结果及分析

2.1 心率数值、复步数及当日晨脉

表 2 表明：被试者在 3 种滑跑节奏中复步总数差异不大，但是直、弯道复步数差异明显，说明被试者

在直、弯道滑行中有明显的滑行节奏变化，分析表明 该变化符合实验研究的滑行节奏控制要求。

表 2 三种滑跑节奏的直道、弯道、完整复步数

姓名	节奏 I			节奏 II			节奏 III		
	直	弯	总	直	弯	总	直	弯	总
赵××	130	172	302	178	120	298	148	154	292
刘××	132	172	304	180	118	298	150	156	306
李××	134	172	306	182	120	302	150	156	306
卢××	136	170	306	184	120	304	146	158	304
王××	132	170	302	188	118	306	144	154	298
姜××	130	176	306	174	118	292	146	154	300
朱××	128	174	302	174	122	296	148	152	300
徐××	128	172	300	178	124	302	150	150	300
吉××	130	176	300	178	118	296	156	154	310
肖××	132	172	306	176	120	296	156	154	310

表 3 表明：根据测试方案与要求，9 名运动员 3 次测试的成绩之间没有显著差异，说明有效实施了实验的控制；3 次测试当日的晨脉数与平均晨脉数基本相当，说明 3 次测试时被试者机体机能状态处于相当

的水平。但是姜××由于身体原因在第 3 次测试当日的晨脉与平均晨脉相差较大，因此姜××的心率数据不做统计分析。

表 3 三种滑跑节奏下 5 000 m 滑跑成绩与晨脉数

姓名	成绩/s			晨脉/(次·min ⁻¹)			
	节奏 I	节奏 II	节奏 III	节奏 I	节奏 II	节奏 III	平均晨脉
赵××	502	505	504	56	57	58	56±2
刘××	495	494	497	57	58	58	57±5
李××	504	510	509	53	53	54	52±3
卢××	521	520	520	47	46	47	45±4
王××	511	512	512	55	56	54	53±2
姜××	481	493	514	55	54	65	53±3
朱××	509	510	509	56	56	57	55±5
徐××	492	492	496	53	53	54	52±2
吉××	520	522	524	57	58	58	56±4
肖××	509	515	520	55	54	53	52±2

2.2 心率数值的描述性统计与单因素方差分析结果

由于姜××、肖××测试中采集到的心率数据波动较大，故未做统计分析。表 4 表明：8 名被试运动

员 3 次测试心率均值差异明显，高弯低直节奏(节奏 I)滑跑的平均心率明显低于其他两种滑跑节奏的心率。

表 4 心率的描述性统计量($\bar{x} \pm s$)

姓名	n/次	次/min		
		节奏 I	节奏 II	节奏 III
赵××	97	162.48±17.0	168.46±19.8	171.52±21.4
刘××	97	164.96±24.3	173.13±27.6	173.93±28.9
李××	97	159.43±24.7	167.55±28.3	167.30±29.2
卢××	97	151.74±26.8	159.62±30.7	161.69±30.7
王××	97	156.58±27.7	165.19±30.7	165.07±29.4
姜××	—	—	—	—
朱××	97	168.07±26.7	170.61±27.1	175.80±28.3
徐××	97	159.69±27.4	167.68±28.5	168.27±27.8
吉××	97	171.82±24.5	175.63±25.4	176.19±25.6
肖××	—	—	—	—

表 5 表明：有 6 名被试者的心率数值中节奏 I 与节奏 II、节奏 I 与节奏 III 之间差异具有显著性，节奏 I 滑跑时心率明显低于节奏 II 和节奏 III 滑跑时的心率；卢

××节奏 I 与节奏 III 的心率差异具有显著性，节奏 I 与节奏 II 的心率之间差异没有显著性；吉××节奏 I 与节奏 II、节奏 III 的心率之间差异没有显著性。

表5 被试运动员节奏I与节奏II、III心率的比较结果 次/min

运动员	节奏I与节奏II		节奏I与节奏III	
	差值	Sig	差值	Sig
赵××	-5.979	0.034	-9.031	0.001
刘××	-8.175	0.036	-8.696	0.021
李××	-8.113	0.041	-7.866	0.047
卢××	-7.876	0.064	-9.948	0.019
王××	-8.608	0.042	-8.495	0.044
朱××	-2.536	0.049	-7.794	0.048
徐××	-7.990	0.047	-8.577	0.033
吉××	-3.804	0.294	-4.361	0.229

2.3 心率曲线

根据获得的运动员每一节奏滑行时的97次心率数值,绘制8名被试者的不同滑跑节奏的心理曲线变化。图1、图2、图3分别代表习惯滑跑节奏I赵××、习惯滑跑节奏III的李××、习惯滑跑节奏II的徐××的典型型心率曲线,其它5名被试者的心率曲线也表现出相类似的变化规律及特征。

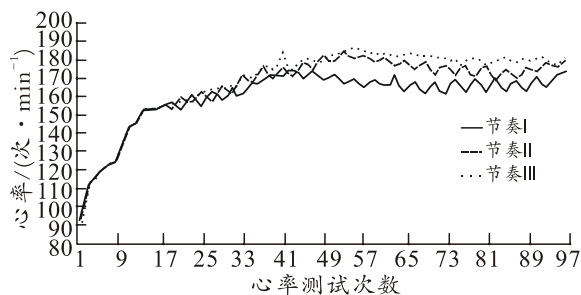


图1 赵××心率图

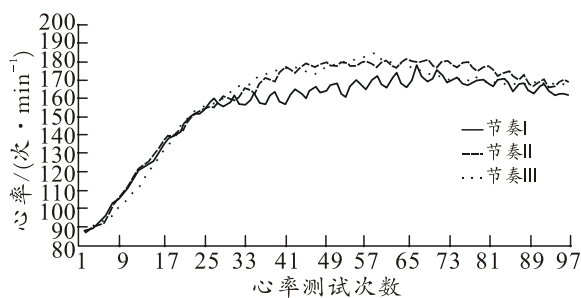


图2 李××心率图

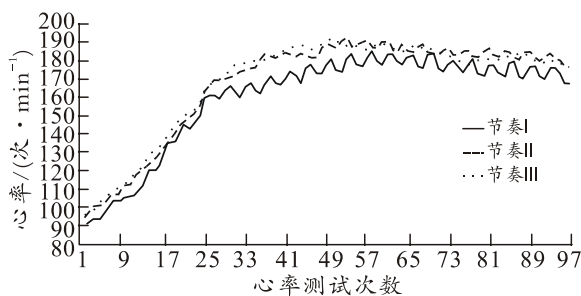


图3 徐××心率图

3 讨论

3.1 三种不同滑跑节奏运动学特征的比较

滑跑节奏在速度滑冰长距离比赛中是决定最终成绩重要的影响因素之一,科学合理的滑跑节奏可以使运动员在输出定量的机体能量的状态下获得更有效的滑跑速度^[5]。速度滑冰的滑跑技术主要由直道滑跑技术和弯道滑跑技术组成,因此长距离速度滑冰的滑跑节奏构成要素步幅和步频的变化直观体现在直、弯道的步频、步幅和速度的变化比例上。

速度滑冰技术动作的一个周期称为一个复步,每个复步由单脚支撑、双脚支撑、单脚支撑、双脚支撑4个时期构成,每个复步都是由一侧腿的自由滑进、单脚支撑蹬冰、双脚支撑蹬冰、收腿、摆腿、下刀6个动作构成^[6]。那么速度滑冰的滑跑节奏就是由这4个时期和6个动作所决定的。

目前,长距离速度滑冰的节奏主要有3种:节奏I为高弯低直节奏,特点是弯道采用高步频、小步幅,利用离心力的作用,弯道加速滑行,尽量加大弯道滑行的距离,在直弯道过渡区域提前进入弯道滑行、出弯道时延长出弯道的滑跑距离,直道采用低步频、大步幅,利用弯道的加速度滑行后的惯性,充分利用体重倾倒力量滑行,采用匀速滑行,甚至在途中滑行时为减速滑行,目的是使机体得到调整和恢复,为下次弯道滑行储备能量;节奏II为低弯高直节奏,低频弯道、高频直道,特点与节奏I正好相反,此节奏注重直道的加速,提高直道的步频、缩短步幅以便直道加速滑跑,弯道利用直道速度的惯性,快进弯道快出弯道,采用低步频、大步幅的调整滑行,使机体放松调整,这种节奏的核心观点是直道更容易加速、尽量延长直道滑行的距离;节奏III是匀速滑跑节奏,特点是直弯道采用均匀的步幅和步频,没有明显的加速滑行和惯性滑行的阶段,这种节奏的核心观点是保持速度的平均性,注重运动员机能能量的平稳输出。

随着速度滑冰运动的不断发展、随着克莱普冰刀的使用、随着速滑技术动作的不断改进,现代的速度滑冰运动特征要求更快速化、更精细化、更科学化、更实效化^[7]。现代速度滑冰长距离滑行技术的特点是:注意身体的合理姿势、注重每次蹬冰的效果,大弯道、小直道、快弯道、平稳直道,递增式提高滑跑速度。这种技术特点的滑跑节奏更接近于本研究中的节奏I。近年来很多研究证实采用节奏I进行长距离速度滑跑时更有利于创造优异比赛成绩,但是在长距离滑跑中滑跑节奏对于机体机能影响的研究目前还很少见。

3.2 三种不同滑跑节奏运动员心率变化特征比较

表3~5和图1~3均显示:8名被试者在日常训练

和比赛中习惯于哪种滑跑节奏,有6名被试者节奏I滑跑时心率均值明显低于节奏II、节奏III,差异具有显著性。另2名被试者节奏I滑跑时心率均值与节奏II、节奏III差异虽不具有显著性意义,但其节奏I滑跑时心率均值也低于其节奏II、节奏III。证明运动员采用节奏I滑跑时机体机能以较小的(心率)反映,增加滑跑技术的力学输出功率,减少机体能量消耗,提高保持持续性最大速度的能力,有利于创造优异成绩。说明高弯低直节奏,即弯道采用高步频、小步幅、加速滑跑,直道采用低步频、大步幅,匀速滑跑节奏是符合机体能量代谢规律的最佳长距离滑跑节奏。

从心率曲线的变化规律和形态上分析,3种滑跑节奏心率曲线形态具有相同变化规律。当开始运动时,心率有一个迅速增快的阶段,当心率逐渐增高到一定数值后,将稳定在一个相对恒定状态。这与Al-Nawaiseh, AliM^[8]的运动开始后15s心率增加已达总增加数的一半,然后逐渐增加到较高值并维持恒定状态一段时间,如果强度很大心率还可以再次增加,在一定时间内,尤其是达到稳定状态时,心率与运动强度成正比关系的研究结果相一致。但节奏I滑跑时心率变化曲线呈现较明显的规律性上下波动状态,这种心率波动的幅度在 ± 5 次/min左右。这种心率变化规律是由节奏I滑跑时弯道高步频加速滑跑、直道惯性滑行的加速方式所决定的。这种弯道加速和直道惯性滑跑不同于一般意义上理解的变速滑跑,其直、弯道滑跑速度变化不大,只是从速度滑冰滑跑技术角度出发,遵循弯道小步幅、高步频更有利于产生加速度,而直道大步幅、低步频更有利于利用惯性保持出弯道时速度的技术原理,而调整直、弯道滑行时步幅、步频的变化。这种调整更有利于运动员心率在一定数值范围内保持相对恒定状态,反映在运动实践中则更有利于运动员保持持续性最大速度滑行的能力恒定。以往的研究结论和本研究所绘制的心率曲线都表明了运动开始后心率的增加与运动负荷强度呈正比关系,并且逐渐增加到较高值后维持恒定状态一段时间,但是在维持恒定状态这段时间心率变化的规律和特征目前还没有研究涉及^[9]。

研究结果显示:当机体心率达到一定数值后,心率曲线的有规律上下波动有利于使心率曲线在该高度数值上保持更长时间,反之趋于直线的心率曲线不利于在该高度数值上长时间保持。这一规律反映在运动学上,节奏I的滑跑技术是产生心率波动曲线的主要因素,弯道的高频率加速、直道的大步幅惯性滑进,使机体的能量输出有缓冲、使心脏负荷能够有规律调

整,说明节奏I的滑跑更有利于在相对低心率值的情况下保持较高的速度滑行;而节奏III的滑跑技术强度始终匀速,要求机体能量输出和对心脏的负荷保持恒定,不利于心脏的调整,使心脏负荷的持续叠加,导致心率的增高^[10];节奏II虽然也是有规律的加速滑跑和惯性滑行,但是以往的研究成果已经证实,长距离速度滑冰滑跑技术中直道加速相比弯道加速要付出更多的机体能量,弯道惯性滑行也达不到使机体调整的目的,因此使心率在直道加速时大幅度提升,弯道惯性滑进时不能下降,最终导致整体心率的不断提升。但关于这种有规律的波动心率曲线的生理机制以及心率有规律波动的最适宜范围等问题需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 张强. 速滑 轮滑[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 2005: 19.
- [2] 陈民盛, 刘彤. 从速度滑冰的支撑特点看支撑方式对频幅组合与步速关系的影响[J]. 天津体育学院学报, 2006, 21(1): 12-14.
- [3] Brady, Michele Ruggiero. The effects of Hatha yoga and weight training on trait and state anxiety[D]. ProQuest Dissertations and Theses, 2006: 25-26.
- [4] 邓树勋, 王健. 高级运动生理学——理论与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 96.
- [5] Michael Fredericson. Stabilisation training for middle and long-distance runners[J]. New Study in Athletics, 2005(1): 25-37.
- [6] 刘俊一, 隋力. 我国优秀速度滑冰短距离女运动员专项身体素质结构特征统计分析[J]. 天津体育学院学报, 2009, 24(2): 177-180.
- [7] 刘俊一, 张强. 冬奥会前高原备战对国家女子短道速滑队主力运动员有氧运动能力的影响研究[J]. 中国体育科技, 2011, 47(1): 107-111.
- [8] Al-Nawaiseh, Ali M. Methods to reduce muscle damage and enhance short-term recovery after high intensity anaerobic exercise[D]. ProQuest Dissertations and Theses, 2005: 34-35.
- [9] 刘俊一, 张强. 备战2010年冬奥会中国女子短道速滑队2007-2008赛季生理、生化指标变化规律和特征研究[J]. 中国体育科技, 2010, 46(4): 76-80.
- [10] Sandbakk Ø, Welde B, Holmberg H. Endurance training and sprint performance in elite junior cross-country skiers[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2011(5): 1299-1305.