

· 研究简报 ·

从冲量论百米跑技术

张元榜

(体育教研室)

摘 要

本文研究在一个单步的支撑时间内所产生的冲量对跑速、步幅和步频的影响。用不同训练水平的运动员技术指标数据,论证冲量对百米跑速度的影响。提高速度,关键在于增加后蹬的力量。

关键词 冲量,百米跑,速度,后蹬力量

百米跑的胜负,取决于每一个运动员的跑速($V = s/t$),而百米跑的成绩等于100m除以步幅 L 与步频 F 的乘积($t = s/L \cdot F$)。为此,运动员的步幅和步频对跑速有直接的关系($L \cdot F = V$)。腿长和身高的比例反映了百米跑运动员的基本身体条件。根据有关的科学分析,得出运动员的身高、腿长对步幅的关系如下:“平均步长 = $1.14 \times$ 身高,或平均步长 = $2.11 \times$ 腿长^[1]。运动员每一个单步的动力学的结构,即每一个步幅的脚着地时所产生的冲量,决定着步幅和步频的变化。我们曾论证了优秀的百米跑运动员在一个单步中的支撑时间要比腾空时间所需的时间总和稍短些^[2]。本文着重研究在一个单步的支撑时间内所产生的冲量对跑速、步幅和步频的影响,通过对一些运动员的实测数据和参阅有关材料,进行数理分析,探讨提高百米跑成绩的关系。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象 ①中山大学百米跑运动员蒋益民。②广州体院百米跑运动员吴秋生。

③广东省体育科研所提供的中国优秀百米跑运动员袁国强的照片,每秒钟摄影64幅。

1.2 研究方法 ①测定技术指标:测验平均一个单步时间、速度、步频、步幅、着地角度、后蹬角度、腾空时间、支撑时间、缓冲时间、后蹬时间等指标的变化。②摄影:采用百米跑全程计时,在60~70m一段中,每隔1m竖一根竹竿为标志,用16mm电影摄影机(每秒钟摄36幅照片和64幅照片)连续拍摄,其测得的数据见表1。③文献资料:参阅了具有世界水平的美国3名百米跑运动员加里森、拉塔尼、维利^[3],苏联实验者A·X的材料^[4]。④指标数据处理:采用数理计算分析方法。

2 结果与分析

从表1可看出,优秀的百米跑运动员(Δ 组),其后蹬的时间明显地小。根据力学原理,冲量 = 动量的增量($F \cdot t = m \cdot \Delta V$), m 是人体的质量, ΔV 是在冲量 $F \cdot t$ 作用下速度的增量。当摆动腿着地缓冲时相应产生一个阻碍前进的冲量。为了减少这个冲量

本文1989年5月22日收到

表1 百米跑运动员技术指标数据表

Tab. 1 Table of the technical index data of the 100m dash players

项 目	A 组			B 组		C 组	
	加里森	拉塔尼	维 利	袁国强	吴秋生	A·X	蒋益民
100米(S)	10''	10''09	10''10	10''56	10''90	11''60	11''70
身高(m)	1.835	1.732	1.733	1.62	1.69	/	1.77
体重(kg)	/	/	/	55	65	82	65
全程步数	/	/	/	49.8	48	47.62	50
平均速度(m/s)	11.52	11.616	11.568	9.470	9.174	9.042	9.033
平均步长(m)	2.400	2.420	2.410	2.008	2.083	2.100	2.00
平均步频(步/s)	4.30	4.80	4.80	4.716	4.704	4.306	4.517
平均单步(s)	0.206	0.203	0.208	0.2120	0.2102	0.2322	0.2214
着地角度B	/	/	/	64°	66°6	65°	68°5
后蹬角度 α	/	/	/	48°	45°4	48°	48°5
腾空时间 t_n	0.110	0.114	0.114	0.1094	0.1250	0.1213	0.1160
支撑时间 t_{on}	0.098	0.091	0.094	0.1026	0.1052	0.1109	0.1054
缓冲时间 t_{an}	0.047	0.045	0.044	0.0449	0.0469	0.0457	0.0416
后蹬时间 t_{oT}	0.051	0.050	0.050	0.0577	0.0583	0.0652	0.0638

就要减少摆动脚着地缓冲时间,力求在不减小步幅的情况下加快步频。为此,要提高运动员的腿部力量和动作速度,以缩短每一步幅的支撑时间,其中主要的是在不减少后蹬冲量的前提下缩短后蹬时间。这样,就需要产生更大的后蹬力量。后蹬冲量有一个水平分量,该水平分量等于水平方向的动量,才能加速运动员的跑速。

从表2分组技术指标平均数据和表3对应数据的百分比值中,可得出如下几点结果。

表2 分组平均技术指标对比表

Tab. 2 Table of the comparison of group average technical index

项 目	百米 (s)	身高 (m)	体重 (kg)	全程 (步)	平均 速度 (m/s)	平均 步长 (m)	平均 步频 (步/s)	平均 单步 (s)	后蹬 角度	腾空 时间 (s)	支撑 时间 (s)	缓冲 时间 (s)	后蹬 时间 (s)
A组	10''06	1.77	/	/	11.57	2.410	4.80	0.21	/	0.113	0.096	0.045	0.050
B组	10''73	1.66	60.0	48.9	9.32	2.045	4.56	0.22	47°	0.117	0.102	0.046	0.056
C组	11''65	/	73.5	48.8	8.58	2.050	4.19	0.24	48°	0.119	0.120	0.044	0.077

2.1 成绩比较 从表2看到B, C组的成绩比A组的差,从表3来看, B, C组的步幅约为A组的85.00%,步频约为A组的87.28~95.00%;这是由于步幅、步频两方面的差距影响了B, C组的成绩。从身材高度与平均步幅的关系来看, B组的平均身材高度为A组的93.33%,而平均步幅只是A组的84.88%,这说明平均步幅还与腿长、身高的比例、身体素质及训练水平有关系。B组与C组的平均步幅的差别却很小。从表2来看, B组的百米跑成绩明显比C组高,这主要的是步频差别所引起, C组的步频只相当于B组的91.87%。

表3 B、C组与A组对应数据的百分比值

Tab. 3 Table of the percentage of the corresponding data in group B,C to A

项 目	A	B	C	B/A (%)	C/A (%)
步 幅 (m)	2.410	2.0455	2.050	84.88	85.06
步 频 (步/s)	4.800	4.560	4.1895	95.00	87.23
腾空时间 (s)	0.1127	0.1172	0.1201	103.99	105.32
支撑时间 (s)	0.0956	0.1023	0.1201	107.45	126.02
缓冲时间 (s)	0.0453	0.0459	0.0436	101.33	96.36
后蹬时间 (s)	0.0503	0.0564	0.0765	112.23	152.09

2.2 一个平均单步时间的分析 从表2的百米跑成绩来看, A, B, C组之间的平均成绩差别是很明显的, 但一个单步的腾空时间却只差3~5%, 从表3对应数据的百分比值来看, A组的支撑时间与B, C组的支撑时间却相差7.50~26.00%, 这说明优秀的百米跑运动员的着地时间(支撑时间)比一般运动员的着地时间(支撑时间)明显减少。

从表3对应数据的百分比值比较表来看, 3个组的运动员支撑阶段的缓冲时间差别不算明显, 最明显的差别是后蹬时间, 从实验材料证明A组的后蹬时间要比B, C组的后蹬时间分别缩短12~52%。百米跑运动员要取得优秀的的成绩, 需增大后蹬力量, 缩短后蹬时间。

从表4来看, 假设后蹬角度相同, 要增大步幅则必须要使 FA (FA 代表A组的后蹬力量)大于 FB , FB 大于 FC ; 要提高步频必须使A组的后蹬时间 tA 小于 tB , 同理,

表4 各组技术指标平均数据对比表

Tab. 4 Table of the comparison of each group average technical index

项 目	平均 成绩 (s)	平均 步幅 (m)	平均 步频 (m/s)	平均 单步 (s)	腾空 时间 (s)	支撑 时间 (s)	缓冲 时间 (s)	后蹬 时间 (s)
A 组	10''063	2.410	4.800	0.208	0.1127	0.0956	0.0453	0.0503
B 组	10''73	2.045	4.560	0.2195	0.1172	0.1023	0.0459	0.0564
C 组	11''65	2.050	4.1895	0.2388	0.1187	0.1201	0.0436	0.0765
比 较	$A < B < C$	$A > C > B$	$A > B > C$	$A < B < C$	$A < B < C$	$A < B < C$	$B < A < C$	$A < B < C$

tB 小于 tC ; 如果要增大步幅又要提高步频必须使冲量 FA/tA 大于 FB/tB , FB/tB 大于 FC/tC 。所以, 提高百米跑成绩就要加大后蹬力量, 缩短支撑时间。

从冲量分析, 假设3个组别的运动员的后蹬角度差别不大, 后蹬冲量均为 $10\text{kg}\cdot\text{s}$, 则各组所产生的力(F)分别如下: A组运动员的后蹬力量 FA 为 198.8kg , B组运动员的后蹬力量 FB 为 177.3kg , C组运动员的后蹬力量 FC 为 130.7kg 。三个组别的运动员后蹬力量的差别是很明显的, 所以后蹬力量的大小是提高水平速度的关键。

由此可知, 加大步幅、提高步频的关键就是增大后蹬力量。就水平冲量而言, 一个

优秀的百米跑运动员,就要认识到如何减少两脚着地时产生的负冲量,这就要使蹬地动作,应该是“爬地”,而且又要“快而不急”,转过后蹬重新产生的正冲量,只有后蹬角度($45^{\circ}4\sim 48^{\circ}5$)小于着地角($64^{\circ}\sim 68^{\circ}5$),这样才能加大水平冲量,从而提高水平速度。若在步幅同等的条件下,百米跑成绩在11秒6,支撑时间在0.11s时间内发出196 kg的水平力量,那么就会产生相当于21.56kg的水平冲量($196\times 0.11=21.56$)。如果后蹬角度相同把支撑时间缩短到0.10s时间内,同样发出21.56kg·s的水平冲量,就须相当于21.56kg的水平力量。

3 结论

根据上述各组技术指标分析得出如下结论:①人体在运动时,脚对地面作用力的大小及时间的长短,决定着冲量的大小和速度增加的快慢。②在后蹬时间相同的情况下,地面对脚后蹬产生的作用力大,冲量就大,速度也快。③若步幅已达到了极限值,要进一步提高速度,关键在于缩短支撑时间,特别是后蹬时间,才能提高步频。④缩短后蹬时间,关键在于增加后蹬的力量,才能增加水平冲量。

参 考 文 献

- [1] 程时矗译,短跑的力学分析(美),田径情报资料,西安体院出版社,1986,6
- [2] 张元榜,广东高校体育,1983,2
- [3] 黄宗诚等,体育科学,人民体育出版社,1984,2
- [4] 短跑支撑时期的动力学特征(苏联),国外体育科学资料,1979,16~17
- [5] 张元榜,中山大学学报(自然科学版)1980,2

Impulse and the Technique of 100m Dash

Zhang Yuanbang

Abstract

A study of the effect of the impulse, generated during the support-time of a single step on the speed, stride length and stride frequency is presented. This is done through a mathematical analysis of the technical index data of the runners at different training levels. The running speed depends not only on the amount of the force, but also on the time duration that the force lasts. Therefore, to improve the speed, a player must decrease support-time, especially leg drive-time. The key is to increase leg driving power.

Keywords impulse, 100m dash, to improve the speed, support-time, leg drive-time, leg driving force

* Teaching and Research Group of Physical Education