

攻击行为与现代短跑战术

周志明

(贵州大学 体育教学部, 贵州 贵阳 550025)

摘 要:用耦合振荡子与生物同步的理论,可以证明:无论是史前的动物在捕食的追击,或者是现代的运动员在争取优胜的跑步中,都可以从步伐频率的同步耦合中节约自己的体能,提高运动时奔跑的效率。

关键词:攻击行为;百米跑;耦合根子;生物同步

中图分类号:G822.119 文献标识码:A 文章编号:1006-7116(2003)05-0109-03

The tactics of modern hectometer sprint, talking from the prehistoric animals' attack behavior

ZHOU Zhi-ming

(Department of Physical Education, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: By means of the coupling oscillation theory or the biological synchronization theory, it could be confirmed, whether the prehistoric animals in pursuing other animals for food or the modern sprinters in a running race could save their body energy by the step frequency synchronization coupling, and enhance their running efficiency.

Key words: attack behavior; hectometer running; step frequency; synchronization coupling

1 动物在捕食追击的步伐频率的耦合现象

古生物学家 David, A. Thomas 和 James O. Farlow 为了用大型雕塑重新再现出史前食肉恐龙对食草恐龙进行捕食的攻击场面,对 1938 年在美国得克萨斯州中部布腊索斯河傍所发掘出来的,大约是 1 亿年前食肉恐龙捕食食草恐龙时奔跑所留下的一连串脚印的化石进行了仔细的研究。由于这些布满恐龙脚印的巨大岩石板在切割开运往纽约的美国自然历史博物馆之前,曾经被发现者 Roland T. Bird 做出了非常详细的科学考察记录。因此 Thomas 和 Farlow 可以根据 Bird 所记录下来的数据,真实地还原出食肉恐龙向食草恐龙发动捕食追击时所采用的奔跑步态和战术。

Thomas 和 Farlow 仔细比较了攻击者和被攻击者同时奔跑的两组脚印后,发现处于攻击状态的恐龙,在发动扑食攻击之前调整了自己的步伐频率,使自己和被攻击者保持了同步状态,然后才做出向前猛冲的捕食行动。这一现象引起了 Thomas 和 Farlow 的思考,因为他们知道,由于被捕食者的拼命逃窜,在自然界中动物每次捕食行动的成功率并不高,只要行动上稍有迟疑就会全功尽弃。因此处于攻击状态的恐龙在这样关键的时候,调整自己的步伐频率有这个必要吗?

为了解决这个疑问,Thomas 和 Farlow 研究了现代哺乳动物中的捕食者对猎物捕获的追击方式。他们仔细地分析了非洲的狮子、豹、猎豹和鬣狗在进行追击捕食的录像,并在计

算机上作了技术的模拟研究。结果表明,在一般情况下,捕食者在实施攻击之前,不但要和所追赶上的猎物在速度和方向上完全保持一致,而且确实还需要更进一步地调整自己的步伐,使步频在节奏上和所要扑倒的猎物完全一致,然后才会发动突然猛烈的捕食攻击。Thomas 和 Farlow 把这项研究结果以“追溯恐龙的攻击行为”为题目发表在《Scientific American》1998 年 277 卷第 6 期上(中译本为 1998 年第 3 期)。

Thomas 和 Farlow 认为这种对步频上的调整,是捕食者为了确保自己攻击安全所采用的一种技术措施。但是 Thomas 和 Farlow 在论文中也提到,如果捕食动物远远地大于被捕食的动物,或者捕食动物从比较接近猎物的隐蔽状态中突然发起攻击(这两种情况都表明,捕食动物在发动扑食行动之前具有明显的体能优势),就不会作这种步频上的调整。因此,我们根据生物保持同步的耦合振荡子理论,可以从 Thomas 和 Farlow 的论文中所提供的事例得出另一个结论:攻击者进行这种步伐频率上的调整不是出于安全上的需要,而是在追击中对体能上的消耗作一种补偿性的调整。

2 耦合振荡子与生物同步

在物理学上,任何一个进行周期性运动的过程都属于振荡性的运动。而“耦合”是进行振荡运动的物体在相互作用下所产生的一种同步状态。例如,我们的心跳就是由无数心

肌细胞在耦合作用下进行同步收缩和放松的振荡所组成。事实上,并不是所有的耦合振荡子都必须局限在一个生物体内,在具有耗散结构的生物体中,相互之间的同步耦合振荡能节约能量上的消耗,提高行为的有效输出功率。由于这种能量效益上的原因,在自然界中,生物的群体进行同步耦合振荡的现象随处可见。例如,池塘里的青蛙或树上的蝉,总是把鸣叫声保持在同步的状态之中。

人的奔跑也是一种振荡性的运动。因此在中、长跑的运动中,我们常常可以看到有经验的运动员总是紧跟在对手的后面,利用同步跑动的耦合作用来节约自己的体能。只是在关键的时候,才利用所节约下来的体力进行突然性的加速冲刺,把对手甩在后面去夺取胜利。因此我们认为,Thomas 和 Farlow 所描述的处于追击状态的恐龙,在发动攻击之前把自己的步频调整到和猎物完全一致,实际上是一种从同步耦合的运动状态中对体力进行调整的行为。

3 步伐频率同步耦合的生理学分析

3.1 运动中大脑能量代谢的特征

通过功能性核磁共振成像和正电子断层扫描(PET)的技术,科学家已经证明了,人的大脑在新陈代谢中是一个耗费能量很大的器官。在安静的状态下,人的大脑虽然只占体重的 2%,但是所耗费的能量约相当于人体总能量的 20%。而在进行激烈的活动时,人体大脑的神经细胞由于需要对信息进行高度紧张的分析和处理,在局部工作的脑区内,1 g 大脑神经细胞对氧的消耗约相当于 200 g 肌肉的耗氧量。因此,如果能在运动中稍微减轻一点大脑的工作负担,就可以大大地节约体能上的消耗。

3.2 人体大脑中“时间间隔”生物钟的工作方式

研究人体“时间间隔”生物钟的科学家发现,在人体大脑内部基底神经节的地方,存在着一个布满棘突神经元的网状体。它是确定人体对“时间”感受“最原始的环境”。平时人体大脑的皮质层神经细胞,各自处于每秒 10~40 次的不同振荡状态之中。但是当网状体的棘突神经元每产生一次冲动时,大约在 300 ms 以后,所有的大脑皮质神经细胞就会产生一次共同兴奋的振荡,然后又回到各自不同的振荡状态。美国杜克大学的大脑神经学教授 Warren H. Meck 说,大脑对时间间隔的概念,就是这种共同兴奋的间歇振荡,像一幅连着一幅的闪光印记,存在于我们的意识感受之中。因此,当我们把行走的步伐调整在每秒 3 步的频率上,大脑“时间间隔”对节奏的从容处理,可以使我们处于一种比较轻松适宜地行走状态。

但是,如果我们要进行快速的奔跑,大脑就必须提高网状体的棘突神经元所产生的冲动的频率。网状体的棘突神经元就需要消耗更多的能量,以更快的速度生产出更多的神经介质多巴胺,来对大脑的皮质层神经细胞进行高密度的共同性协振组合。在这种超正常的共同性协振组合中,由于大脑网状体的棘突神经元和大脑皮质层细胞都处于高度的共同兴奋之中,大脑对能量的消耗就会处于倍增的状态。所以,当我们仅仅把行走的步伐频率提高到每秒 4~5 步时,就

会很快地感受到疲劳的现象。

3.3 步频耦合对大脑“时间间隔”生物钟的节能作用

网状体的棘突神经元在对时间感受的组织上,有两种方式。第 1 种,在没有外界刺激节奏参照的情况下,网状体的棘突神经元每次发出时间间隔的节奏振荡,都需要从大脑“最原始的环境”中,对不同振荡状态皮质细胞进行比较性的计算。由于这需要花费比较多的能量,所以人在单独进行激烈的运动时,总是很快地就会进入疲劳的状态。第 2 种,如果在运动中存在一种能对“时间间隔”进行比较的外部参照节奏,网状体的棘突神经元就不需再从大脑“最原始的环境”中,去进行复杂的快速比较和计算,就可以按参照节奏直接发出时间间隔的振荡节奏,这样就节约了大量的能量。所以运动员从跟随对手的步频节奏中能起到节约体力的作用。

4 对新分析结论的猜想

跟在对手的后面可以节约跑步的体能消耗。在中、长跑运动中已经是一种司空见惯的取胜战术;但是在像 100 m 这样激烈的短跑运动中,却很少有人敢去运用。因为大家认为,现代 100 m 的竞赛,时间短、对手强,运动员从始至终应该是毫秒必争,如果去注意调整步频的节奏可能是一种浪费时间的行为。但是在 Thomas 和 Farlow 所研究的动物捕食过程中,我们发现,无论是距离上,或者是在激烈程度上更像人类的 100 m 短跑,而不像是中、长跑。因此我们认为,即使像在进行 100 m 这样紧张激烈短跑运动中,参照对手步点所提供的节奏信息,用所节约下来的体力去争取最后的胜利,仍然是一种值得利用的战术。

为了寻找证据,我们对田径比赛中有关 100 m 步频和成绩的资料,按可以进行科学类比的原则,用两个标准来选定。

第 1, 所选定的比赛资料应该是高水平的(可以和拼命地追击以及拼命地逃命相类比)。

第 2, 在比赛中,获胜者应该是后来者居上的(可以和攻击者在最后发动猛烈地扑杀攻击相类比)。

我们预先设定,如果在对资料统计类比的分析中,发现后来者在超越之前,曾经出现过步伐频率同步耦合的现象,然后再爆发出超体能的加速现象,就可以证明,在一亿年前食肉性恐龙在发动攻击前所进行的步频调整战术,也可以用于现代短跑的运动竞赛之中。根据这一设定,我们选择了 1991 年在东京所举行的第三届世界田径锦标赛中的 100 m 决赛资料作为代表。对于这场比赛,日本田联和国际田联生物力学课题组通过现代的科学技术手段,采集了大量准确可信的数据资料。这些资料表明,1991 年东京第三届世界田径锦标赛的 100 m 决赛,是一场高水平的比赛。在参加决赛的 8 名运动员中,有 6 名运动员在这次比赛中突破 10 s 的好成绩,2 名运动员同时打破了世界记录。其中最突出的是美国运动员刘易斯,他在起跑开始落后的情况下急起直追,不但反败为胜地夺取冠军,而且还创造出了 9.86 s 新的世界纪录。

我们分析的方法是,对运动员的步频耦合通过步态的时序特征来进行比较。如果把运动员在跑动中,步伐的位置和

时间的相关量在直角坐标系上表示出来,就构成一幅运动员跑步的时序图。当运动员的步伐频率在时序图上趋向一致时,就可以确定为同步耦合的状态。由于耦合状态包括了同相和异相上的同步,其准确的特征要从步频在相空间的状态上才能表明。因此对于所参赛的8名运动员,在步态复杂的情况下,我们仅以统计上的平均值为准。

本文所引的资料,载于《田径》1993年第1期。标明精度的误差是 ± 0.02 s,步频取优秀运动员的经验值,约4.5~4.8步/s。因此在时序图上,可以在约 ± 0.09 步/s范围内进行同

步特征的比较。为了分析上的方便,我们取步频的整数位和小数点后的一位数值相同,作为步频同步耦合的特征。

在表1上,我们看到刘易斯在50、60、70 m时的步频分别是4.66、4.86、4.76步/s,而这时场上运动员的平均步频分别是4.67、4.80、4.75步/s,因此我们可以判定刘易斯的步频在50~70 m的区间出现了同步耦合的现象。而刘易斯在80 m的阶段能跑出了每秒12.05 m的全程最高速度,可以认为是之前同步耦合效应对体力节约所起的作用。因此刘易斯不但能反败为胜,而且还创造出了新的世界记录(表2)。

表1 100 m 决赛运动员的分段(间隔距离:10 m)步频

步/s

姓名	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m
刘易斯	3.83	4.81	4.45	4.41	4.66	4.86	4.76	4.45	4.34	4.53
布莱尔	3.59	4.81	4.61	4.43	4.41	4.50	4.57	4.50	4.34	4.23
米切尔	4.28	4.96	4.61	4.70	4.92	4.94	4.74	4.60	4.67	4.61
克里斯蒂	3.89	4.95	4.65	4.48	4.54	4.72	4.84	4.75	4.44	4.20
弗雷德里克斯	4.31	4.36	4.61	4.59	4.91	5.02	4.96	4.80	4.66	4.37
斯太瓦特	3.37	5.02	4.85	4.79	4.90	4.97	4.83	4.55	4.58	4.73
席尔瓦	3.96	4.91	4.49	4.27	4.36	4.61	4.73	4.69	4.36	4.16
苏瑞	3.98	4.32	4.52	4.49	4.67	4.75	4.54	4.23	4.21	4.27
平均步频	3.90	4.77	4.60	4.52	4.67	4.80	4.75	4.57	4.45	4.39

表2 100 m 决赛运动员的分段(间隔距离:10 m)速度

m/s

姓名	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m
刘易斯	5.31	9.26	10.87	11.24	11.19	11.76	11.99	12.05	11.49	11.63
布莱尔	5.46	9.43	10.99	11.36	11.49	11.63	11.49	11.90	11.24	11.49
米切尔	5.56	9.35	10.75	11.36	11.49	11.49	11.63	11.63	11.36	11.24
克里斯蒂	5.41	9.43	10.87	11.24	11.76	11.63	11.63	11.76	11.11	11.36
弗雷德里克斯	5.38	9.43	10.87	11.24	11.49	11.49	11.63	11.76	11.24	11.36
斯太瓦特	5.52	9.35	10.99	11.24	11.63	11.49	11.36	11.49	11.11	11.11
席尔瓦	5.24	9.43	10.75	11.24	11.36	11.24	11.24	11.49	11.11	11.11
苏瑞	5.31	8.20	10.87	11.11	11.24	11.11	11.36	11.49	10.99	10.87

5 结论

(1)通过对1991年东京第三届世界田径锦标赛中100 m决赛的技术资料分析,发现步频耦合的作用确实像预测的那样能提高跑步的功率输出。例如,刘易斯在经过50~70 m期间所出现的同步耦合现象,在80 m阶段跑出了每秒12.05 m的全程最高速度。获第2名的布莱尔,在80 m阶段的同步耦合中,跑出了自己每秒11.90 m的最高跑速。获第3名的米切尔,在70 m阶段的同步耦合中使自己在70 m阶段和80 m阶段同时跑出了每秒11.63 m最高跑速,获第4名的克里斯蒂,在90 m阶段出现的同步耦合后,在进入最后的100 m阶段,跑速从每秒11.11 m提高到11.36 m。

(2)在技术资料的分析中,我们发现在这场比赛中,几乎所有运动员的步伐频率在竞赛中都出现过不同程度的耦合现象。如,获第2名并且也打破世界记录的布莱尔,在30 m和80 m的地段曾经出现过步频耦合的现象,获第3名的米切尔在30 m和70 m的地方也出现过步频耦合的现象。但是他们步频耦合的时间相对较短,而且分散,不像刘易斯那样集中在最消耗体力的50~70 m的决胜阶段,因此他们不

能像刘易斯那样从步频的耦合中得到较长时间上的体力调整。尽管在比赛中,他们也跑出了优异的成绩,但是却达不到刘易斯能达到的成绩高度。所以,我们的短跑运动员在训练中不应该只是练习奋力的奔跑,还应该加强训练自己在竞技场奔跑时,步频在同场竞技上的同步耦合感。

参考文献:

- [1] David A Thomas, James O Farlow. 追溯恐龙的攻击行为[J]. SCIENTIFIC AMERICAN(中译本), 1988.
- [2] Steven H Strogatz, Ian Stewart. 耦合振荡子与生物同步[J]. SCIENTIFIC AMERICAN(中译本), 1994.
- [3] Karen Wright. 人类的生物时钟[J]. SCIENTIFIC AMERICAN(中译本), 2002.
- [4] S T 巴特勒, R 雷蒙德. 脑和行为[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [5] 理查德·利基. 人类的起源[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996.

[编辑:周威]