

# 生物反馈和运动科学\*

管 林 初

中国科学院心理研究所

**[提要]** 近二、三十年以来,生物反馈已逐步发展成为一门新颖的心理治疗技术,并迅速从医疗实践中扩展到体育领域。本文以射击运动为例,可见生物反馈技术在射击运动员的培训中为运动员自我调节各种生理参数提供了重要的科学依据;经过一定的培训,运动员能很快学会正确地将他们的心率、呼吸和其它生理指标调整到最佳机能状态。并利用生物反馈技术,协调运动员的各种精细动作、调节运动节奏、纠正运动员的不良习惯和不准确的姿势,进一步地提高运动成绩。

关于人体生理自我调节的概念,虽然可以追溯到若干世纪以前,并在许多东方的医学文献中可以找到这方面的有关描述和记载。但是,自我调节在近代医学中的价值,只是近二、三十年以来才引起人们的重视。所谓生物反馈,就是一种自我调节方法。这是在行为疗法的基础上发展起来的一种新的心理治疗技术。目前,这种疗法已在美国许多医院和医疗中心普遍开展。并且,由于生物反馈可以指导人们对他们的生理功能加以控制。这种训练技术很快应用于许多非医学领域,特别是已扩展到体育领域。实践证明,在大多数情况下短期内应用生物反馈疗法,就能改变病人或运动员的生理功能。

运动心理学家的主要兴趣之一,在于研究运动员对竞赛的紧张反应。有人研究表明,运动员的兴奋水平和运动员的身体机能状态呈颠倒的U字形。他们断言,对某一个运动员来说,在一个特定任务的条件下,他的兴奋水平处于中等水平时,他的技术水平的发挥以及比赛成绩将是最好的。兴奋水平过于低下或过于高亢,都不利于运动技能的发挥。

1978年夏季,美国的一些体育心理学的研究者以实验室和纸笔测验的研究方法经受了许多挫折以后,他们便设计了一项有应用价值的基础研究。他们在运动员的整个体育训练或竞赛中采用连续的生理记录装置,通过运动前、运动中和运动后的连续测量和观察,他们便获得了对特定的体育运动有关的各种生理因素较全面的估量。

由于射击和射箭运动的比赛环境相对稳定且运动员可以自我调节比赛速度,又由于运动员从事这类运动时身体活动是很小的,这就便于研究者进行各种观察和记录。

Landers等从1979—1984年对射击和射箭运动员进行了一系列的研究。他们利用四道生理记录仪和微机系统等设备,测定了运动员的心率、呼吸、脑电图、皮肤电反应、皮肤温度和肌电图等生理指标。

他们在1980年以前所获得的早期研究结果,主要是根据62名男女步枪和手枪射击运动

---

\* 本文曾应邀在北京市体育心理学会作学术报告(1989年4月),此处作了大量删节。

员经过 8 个月的追踪观察的记录。在这 62 名运动员中有 45 名运动员是美国国家队的队员。他们最近所获得的一些资料 (1981—1984) 还包括 200 名美国和加拿大的射击和射箭运动员。他们采用国际射击协会制定的规则和特殊设备, 当运动员正在户内和户外练习无依托立射的时候, 他们对所有的射击运动员便进行各种生理测量。下面将介绍他们进行生理测量的几个常用指标和一些主要的实验结果, 并对参赛者的心理生理测量的结果作一些简要地评述。

1. 心率

在射击期间射击运动员的平均心率为 86.3 次 / 分, 而他们在射击前的心率平均为 73.3 次 / 分。这个结果和有些人在超级神枪手所观察到的结果相反, 超级神枪手在射击时的心率反而比射击前低。然而 Landers 等人发现, 射击时运动员的心率有中等度的增加。并且, 他们还发现, 随着运动员的兴奋水平的轻度增高, 运动员的射击和射箭成绩也有所提高。

苏联学者 Tretilova 和 Rodimiki 通过对 22 名优秀射击运动员的研究。他们发现, 运动员在休息时的平均心率为 68.7 次 / 分。他们根据射击时的心率变化区分出 5 种不同的心理生理反应, 从而观察射击运动时的心率变化对射击成绩的影响 (表)。他们观察到射击时运动员的心率增加的范围比休息时高 8—50 次 / 分, 这时的射击成绩最好, 而当射击时运动员的心率增加大于 50 次 / 分或甚至比休息时还低的时候, 他们的射击成绩最差。当心率大于 50 次 / 分时, 射击运动员常常诉说他们有心神不定的感觉。

表 射击运动时运动员的心率变化对射击成绩的影响

心 率 变 化	射击成绩满意 (%)	射击成绩不满意 (%)
1. 无变化, 或心率增加 < 4 次/分	18.25	9.26
2. 心率降低 > 7 次/分	5.15	18.06
3. 心率增加 8—50 次/分	47.42	11.11
4. 心率增加 > 50 次/分	16.68	58.79
5. 其它	12.50	2.78

上述的实验资料表明, 运动员的最满意的心率范围对于理想的射击成绩是非常必需的。Daniels 和 Landers (1983) 认为, 运动员的心率和射击成绩之间存在着倒 U 字形关系。他们用曲线标图和非线性回归统计技术, 对 52 名步枪射击运动员每人发射 40 发子弹的结果进行分析。结果表明, 这组射击运动员的心率变化和射击成绩之间的关系呈倒 U 字形 (图 1)。

为此, 了解每个运动员的理想心率是极为重要的。但是, 每个运动员的理想心率是不同的。一般来说, 他们之间的心率差别可在 7—8 次 / 分。测定每个运动员的心率的最佳范围是很重要的。当了解了每个运动员达到他们的最好射击成绩的最理想的心率范围以后, 这可以给运动员提供反馈。这样就有助于运动员调节和控制自己的心率。当他们各自的心率处于最佳的心率范围时, 便去完成或执行射击任务。

2. 如何把握射击的时刻

从前, 许多射击运动员确信, 在心脏的两次跳动之间进行射击是可能的。并且认为

这是令人响望的。1966年罗马尼亚的一些科学家对曾两次获得奥林匹克射击冠军的Gary

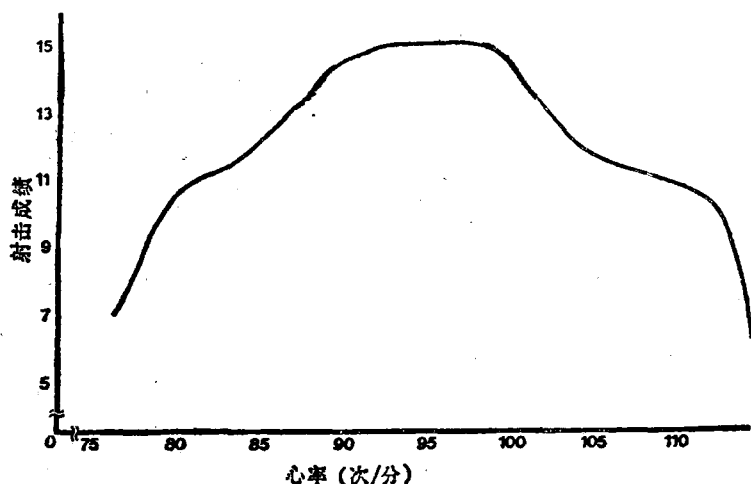


图1 心率和射击成绩之间的关系

Anderson进行测查。他们发现，每次射击Gary Anderson刚好在心跳之前（或R波之前）扣动板机。为了能正确地确定运动员扣动板机时处于心动周期那个时相，他们将话筒放置在枪筒末端的上方以记录射击的声音，再将射击的声音设法传送到多导生理记录仪。这样，研究人员就可以判断射击运动员在心动周期的那一个波段（如P、Q、R、S和T波段）扣动板机。从而，可以进一步分析射击运动员扣动板机的先后和射击成绩之间的关系。

他们的结果表明，在他们所测验的62名优秀的射击运动员中，每次射击没有一个运动员是在一个特定的心动周期阶段去扣动板机的。这就是说，这些运动员有时在心跳前即P波或Q波出现时扣动板机，而有时在心跳后扣动板机。但是，总的来说，虽然这些运动员并不像Gary Anderson那样有固定的扣动板机的时相。但是，他们均几乎倾向于刚好在心跳前扣动板机。

有人认为，在心动周期内的射击时相的相对一致，这对于射击成绩来说是极为重要的。为了探讨这个问题，有些运动心理学家便对步枪运动员进行研究，他们最感兴趣的是

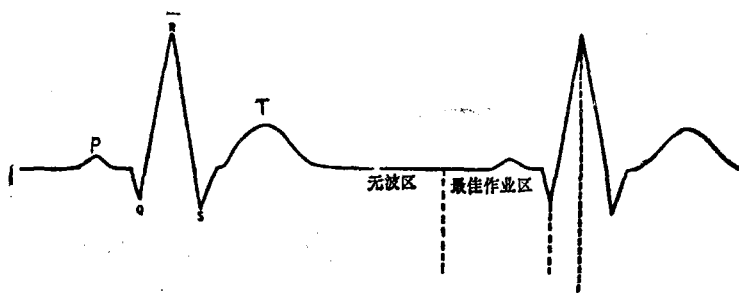


图2 射击运动员在心动周期中的最佳作业区

在于运动员在什么时候，即在心动周期的哪个波段扣动板机。通过各国的体育心理学家的一系列深入细致的研究，现在一般认为，射击运动员在心动周期中扣动板机的最佳作业区是在R波之前（图2）。

### 3. 呼吸

射击时控制呼吸乃是十分重要的。射击时射击运动员必须应用放松的、膈式呼吸以及暂时性的减轻呼吸和屏气。运动员必须尽量放松、尽量避免由于紧张而引起的肌张力的增加而导致身体的不适感,或者由此而增加身体和枪之间的不稳定性。当射击运动员射击时,必须屏住呼吸。为了保证射击时呼吸仍然是屏住的,射击运动员在射击后仍要坚持屏气半秒钟至1秒钟(图3)。呼吸周期中将屏气坚持到最后的时相是很重要的。这个时相太短的射击运动员可能有较强烈的射击欲望。

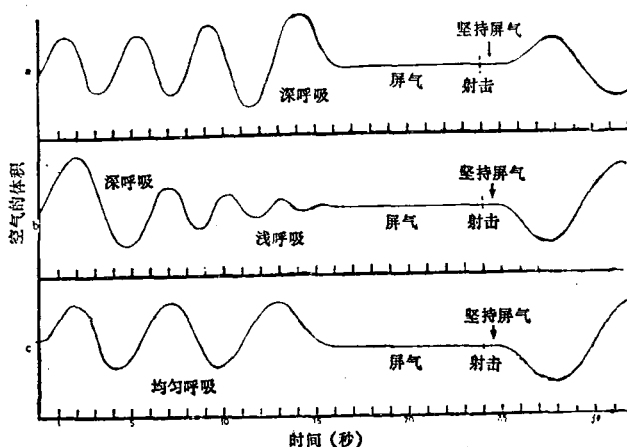


图3 射击运动员在射击时三种不同的呼吸类型

图3显示了在射击运动中国际上公认的三种不同的呼吸类型。在这三种呼吸类型中,步枪运动员的屏气时间平均为6—10秒,其中包括屏气坚持到最后阶段(follow through)0.8秒。这三种呼吸类型的主要差异在于屏气前的呼吸动作。图3-a表示,先让运动员作浅呼吸,在屏气前作深呼吸。采用这种呼吸方式的问题是屏气前的深呼吸可能引起枪的轻微移动。因此,在运动员扣扳机前数秒钟内可能会引起较大的不稳定。为此,大约只有6%的运动员采用这种呼吸方式。图3-b则表示,运动员先作深呼吸,然后有规则地逐渐减轻呼吸直到屏气。大约有76%的步枪运动员采用这种呼吸方式。图3-c为均匀呼吸方式,大约被18%的射击运动员所采用。特别是手枪射击运动员都愿意采用这种呼吸方式。如同心率一样,运动员的呼吸也存在着很大的个体差异。此外,即便是一些较好的运动员,每次射击的屏气和屏气坚持到最后的时间也有差异。但是,如果运动员屏气的时间明显地不同于他们自己的平均时间,或是较短,或是较长的话,那么,他们的射击成绩就会降低。

Daniels和Landers (1983)通过对52名射击运动员的观察,证实了运动员屏住呼吸的最佳时间。其结果如同前面所描述的心率一样,呈颠倒的U字形关系。也就是说,屏气太短或太长都会使射击成绩下降。

生物反馈技术在运动科学中的应用一般有如下三个方面:

1) 测量受伤肌肉的恢复程度。

2) 在紧张的情景下应用生物反馈,这有助于运动员对他们所面临的事件最佳地调整他们的兴奋水平。此外,还有一些生物反馈技术可使运动员对国外的运动场地和比赛情景减少恐惧。并且,也可用生物反馈来治疗运动员的赛前失眠症。

3) 利用生物反馈可训练运动员的精细动作、调节运动的节奏以及纠正运动员的姿势。运动员的自我调节的失调常常导致射击成绩的明显下降。但是,有时候由于运动员的身体不适、不良习惯以及注意力不集中,也可能间接地影响射击成绩。例如,一位世界射箭冠军曾有一个坏习惯,当箭射出去以后,他总是紧闭着那只没有用于瞄准的眼睛。并且,这种无意识的闭眼动作一直坚持到那支箭出去一段距离并击中靶心以后才睁眼。虽然这种闭眼动作每次只持续几秒钟,但是,由于经过一天的训练他在144次射箭的整个过程中反复不断地闭眼,便使这位射箭运动员引起头痛。后来,体育心理学家在他瞄准时不用的那只爱闭眼的眼睛附近安置电极,并且,通过一个扩音器让他能听到闭眼时肌肉收缩的声音。当他每次进行射击的时候,让他集中注意听肌肉收缩的声音。这样,他便逐渐减少并纠正了那只眼睛的闭眼动作,并且,头痛也好了。

又如,一位女的射击运动员,她的成绩比前一年的成绩平均下降10—15环。她和她的教练都认为,她的问题可能是在射击时她的注意力不集中。

Landers等人测查了她在射击时的心电图和呼吸类型。他们让她发射20发子弹,每次都记录她的心电图和呼吸方式。他们发现,她在每次射击时总要轻轻地吸一口气。同时,在射击后她没有坚持继续屏气半秒至1秒就立即吸气(图4)。于是,体育心理学家将她的呼吸记录图给她看,指出了她所存在的问题,并且,帮她设计了一套生物反馈的措施,即通过听觉信号来控制她的呼吸方式和屏气时间。这样,在她第二次发射20发子弹的训练中,在

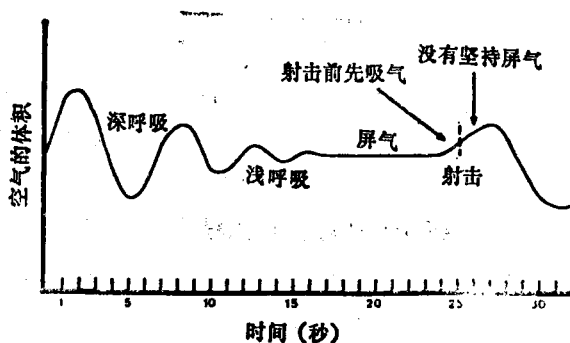


图4 射击运动员在射击时不准确的呼吸方式

其中15发子弹的发射中,她基本上能较好地控制自己。这次发射20发子弹的成绩比上一次高了13环,有非常显著的差异。原来,在纠正她的呼吸动作以前,这大概由于她发射后没有坚持屏气,并且在发射时或发射前有轻度的吸气动作,这就使她分散了注意力。因此,在她扣动扳机以前使她的枪膛有所移动。

最近,美国和加拿大的射箭队已应用生物反馈训练计划。在进行生物反馈训练前,使运动员能对仪器屏幕上所观察到的生理参数和负相关的变化有所了解。当研究者和运动员一旦建立了生物反馈的训练计划,便向运动员解释并演示生物反馈的仪器。于是,运动员在他们接受训练期间就能利用仪器和设备,观察和控制有关的生理参数。

近年来的工作已证明,在运动员训练期间所开展的心理生理研究以及应用生物反馈技术,对射击和射箭运动员的射击成绩的提高是有效的。但是,有关的研究方法还有待于

改进。今后,希望进一步改进各种生物反馈的仪器和装置,以便于运动员操作和使用。同时,也希望有更多的体育运动的研究人员来从事生物反馈方面的研究,使体育生物反馈科学得到进一步发展。

### 参 考 文 献

- [1] Edward, S. K. and Janicel, Hastrup, Psychophysiological Methods in Clinical Research in "Handbook of Research Methods in Clinical Psychology", Kandall, P. C., Butcher, J. N. Eds., p. 387-425, New York, 1982.
- [2] Jack, H. Sandweiss, Biofeedback and Sports Science in "Biofeedback and Sports Science", Jack, H. Sandweiss and Steven, L. wolf, Eds., p. 1-31, Pleunum Press, New York and London, 1985.
- [3] Daniel, M. Landers, Psychophysiological Assessment and Biofeedback in "Biofeedback and Sports Science", Jack, H. Sandweiss and Steven, L. Wolf, Eds., p. 63-105, Pleunum Press, New York and London, 1985.