



我国优秀射箭运动员冬训期间脑机能变化的研究

Research on Cerebral Function Variation of Excellent Chinese Archers in Winter Training

何洋,王霆,石岩

HE Yang, WANG Ting, SHI Yan

摘要:研究目的:对冬训期间不同阶段脑电图进行对比研究,了解冬训期间不同阶段射箭运动员大脑机能变化的特点,为科学训练提供客观依据。研究结果:专项负荷训练课后,射箭运动员顶枕区双侧 α 频段脑电功率值有下降趋势,而中央回双侧 β 频段脑电功率值有上升趋势,且具有显著性差异,表明专项训练课对运动员中枢机能较显著的影响;冬训期间大负荷量低强度专项训练阶段,射箭运动员的中枢神经系统会由兴奋转向抑制;在冬训期间小负荷量高强度专项训练阶段,由于训练的负荷强度增加以及运动员注意力高度集中,中枢神经系统的兴奋性会随之增高;优秀射箭运动员中枢机能的各项脑电指标波动范围较大,存在个体差异。在建立优秀射箭运动员冬训期间主要脑电指标评价参考标准的基础上进一步建立重点运动员个性化参照标准,以便更好地用于训练监控。

关键词:脑电图;脑机能;射箭;优秀运动员;冬训;中国

Abstract: The aim of this study was to provide objective basis for scientific training based on the knowledge of the cerebral function characteristics of archers in different phases of winter training acquired through the tracing comparative study by means of EEG. It is revealed that in a load training course, the archers tend to have a decline in the α frequency cerebral electronic power on either side of the occipital region, and a increase of the β frequency cerebral electronic power on either side of the central gyrus, and the remarkable change indicates the effects of the specific training courses on the athletes' central nerve function; in a low-load winter training phase, there is a shift from excitement to inhibition in the archer's central nerve system; in a high-load winter training phase, there is a rise of excitement in the central nerve system consistent with the increased training load and highly concentrated attention of the archer. There is a wide fluctuation range and marked individual difference of varying parameter in each cerebral electronic index for excellent. So for elite archers, based on establishment of EEG evaluation criterion of archery elites for winter training, furthermore, key athletes personalized reference standard were established for their training monitoring.

Key words: EEG, cerebral function; archery; elite archer; winter training; China

中图分类号:G871 文献标识码:A

1 引言

随着现代射箭运动的发展,世界各国射箭运动水平都有了明显的提高,竞争愈加激烈,比赛愈加残酷。2004年雅典奥运会,我国女子射箭队在团体比赛中以一环之差惜败韩国,从一个侧面反映出我国射箭水平正在逐渐赶上射箭强国韩国。但就整体实力而言,我国与韩国的差距还是很大,雅典奥运会排名赛成绩,我国与韩国队平均相差为17.7环;在国际大赛中,韩国女子团体淘汰赛成绩一般都稳定在247~253环之间,明显高于我国女子射箭队团体成绩。这与两国的训练理念以及对负荷强度的认识存在差异有关,其中最主要的差异是在保持大运动量的前提下,保持较高的负荷强度^[1]。射箭训练负荷是指射箭运动员在承受一定的外部刺激时,机体在生理和心理方面所表现出来的应答反应^[1]。现代射箭运动在训练中的负荷调

控越来越趋向于负荷量度的定量化。郭蓓(2006)对射箭运动专项负荷的研究表明,我国高水平射箭运动员专项训练负荷量在过去的十几年中有了较大幅度的增长^[2]。目前,国内以射箭技术训练的开弓总量和在比赛距离上实际

收稿日期:2008-01-24; 修订日期:2008-05-08

基金项目:国家体育总局奥运科研攻关项目(05081)。

作者简介:何洋(1961-),男,北京人,研究员,硕士研究生导师,在读博士研究生,研究方向为运动训练与体育统计, E-mail: heyang_0911@163.com;王霆(1980-),男,山西人,在读硕士研究生,研究方向为体育心理学与脑电图应用, E-mail: wangting430@163.com;石岩(1966-),男,山西人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向为体育心理学和运动训练学, E-mail: tyshiyang@163.com。

作者单位:山西大学 体育学院,山西 太原 030006
Shanxi University, Taiyuan 030006, China.

发射的数量两个参数作为衡量专项训练负荷量的指标。以训练类型、本人最高环数差、箭间密度、组间密度、动作感觉成功率、组队内测验次数等几项指标来区分射箭专项训练负荷强度^[3]。

冬训阶段的训练对射箭运动员的身体机能、技术水平及其整体竞技实力的提高起着不容忽视的重要作用,冬训期间对运动员的负荷量与负荷强度进行有效调控是最关键的因素。射箭运动员进入高水平训练阶段的一个主要特征是竞技能力的“可塑空间”逐渐减小,运动成绩的提高速度日趋缓慢,它导致运动员对训练负荷的要求显著加强,专项化、个体化和高强度的训练成为一种趋势^[1]。同时,冬训期间由于较大运动量、运动强度的训练以及长期封闭训练,使射箭运动员容易产生焦虑、烦躁等一系列不良情绪反应,从而导致训练效率的降低和运动伤病的发生。因而,在冬训期间射箭运动员大都处于心理生理应激状态,这些与射箭运动员大脑机能水平有着密不可分的关系。脑电(EEG)信号反映的是射箭运动员大脑皮层神经元活动规律,其记录简单,且具有无损伤、可重复的特点,能够监测射箭运动员中枢神经系统的机能状态。脑电信号处理中最直观的分析方法是观察其脑电地形图和进行功率谱分析,它是临床医学和脑认知科学的重要研究手段之一,并取得了大量有价值的研究成果和结论^[4]。关于长时间专项负荷训练后射箭运动员脑电的变化情况,目前尚无详细报道。

雅典奥运会中国射箭队走出低谷,重新成为世界强队,2003—2004年冬训是中国射箭队运动负荷量与强度最大的一个训练阶段,同时也是一个成功的冬训。本研究试图利用脑电地形图分析系统,研究冬训期间长时间专项负荷训练后脑电变化情况,掌握在专项负荷后脑电各项指标的变化幅度以及改变特点,探讨其活动的基本规律,为今后备战重大比赛冬训期间的射箭运动员专项负荷训练提供理论依据。

2 研究对象与方法

2.1 研究对象

2003年12月—2004年4月冬训期间,国家射箭队集训队运动员,身体均健康(表1)。

表1 本研究对象一般情况一览表

	年龄 (岁)	训练年限 (年)	国际级健将 (n)	国家级健将 (n)	一级运动员 (n)
男	23.4±3.5	9.3±2.3	3	8	1
女	21.5±2.7	8.3±2.6	7	6	0

2.2 研究方法

2.2.1 数据采集仪器与方法

电极安装采用国际脑电图学会标准安装法(国际10/20系统电极放置法),16导联(单导)分别安置在左右颞区、中央区、顶区、枕区、前、中、后颞区。电极使用BECK-MAN纯银鞍状电极,接地电极安放在FPz,参考电极安放

在双侧耳垂。采样仪器为北京太阳公司生产的脑电地形图仪及前置放大器,放大器的频带宽度为0.02~50 Hz,计算机采集频率为128 Hz。在冬训开始、前期、后期、结束后分别对运动员脑电图进行采样。

测试阶段划分为冬训的开始,队伍集中阶段,只有少量的恢复训练;冬训的前期,没有队内比赛,专项训练负荷为大负荷量、低负荷强度,以撒放、拉弓、实射训练为主;冬训后期,第3场与第4场选拔赛之间,专项训练负荷为小负荷量、高负荷强度;冬训结束,选拔完成,返回北京。

冬训前期的重点训练课负荷量为250~400支箭,训练类型为撒放、拉弓与实射等,负荷强度在低强度区域(30%~50%);冬训后期的重点训练课负荷量为100~200支箭,训练类型为重要的选拔赛、对抗、难度较大、指标较高的练习等,负荷强度在高强度区域(≥90%)。

2.2.2 运动员测试过程

测试选择在运动员重点训练课开始前1 h安静状态,以及训练课结束1 h内进行。整个测试过程为闭目安静3 min;进行两次表象,各1 min;进行3 min过度换气实验,呼吸频率为26~28次/min;闭目安静3 min。

测试中要轻闭双目,两手自然放在双腿上;表象一个完整的技术,在没有得到提示语前,要反复重复这一表象过程;若一个完整的技术表象没结束,就听到更换测试内容的提示语,受试者要继续表象完,并在全部测试结束后,向测试人员说明延长表象的时间和表象过程的清晰度;过度换气要求呼吸次数为26~30次/min,并有测试人员随时提醒呼吸频率是否合乎要求。若受试者在过度换气中有手麻或头晕,动手指提示测试人员,记录该时间^[4]。

2.2.3 数理统计法

使用SPSS 12.0统计软件包对各阶段运动员脑电图各项指标进行了单因素方差分析多重比较,并对主要阶段专项训练课前、后脑电图各指标均值进行了 t 检验(表2~表8)。

3 研究结果

3.1 国家射箭队运动员冬训期间脑电指标测试结果

表2、表3显示,高负荷量低负荷强度专项训练课后, α 频段脑电功率值降低,其中,C4、P3、P4、O1、O2导联有显著性,其他导联无明显变化;低负荷量高负荷强度专项训练后, β 频段脑电功率值均有增加,其中, β 频段C3、C4导联有显著性,其他导联无明显变化。冬训开始安静状态下与两种负荷训练阶段训练课前,以及冬训结束后安静状态下的脑电 α 频段、 β 频段功率值方差分析无显著性,差异主要存在于两种负荷阶段的专项训练课前、后的中央回双侧与枕区双侧,如图1、图2所示。不同阶段脑电功率谱比值的方差分析多重比较有非常显著性差异(图3)。

运用离差法将25名国家射箭队运动员3项脑电数据进行统计分析,建立优秀射箭运动员冬训期间脑电指标评价参考标准(表5)。

表 2 冬训期间不同阶段及训练负荷课前、后 α 频段功率值的比较一览表 (μV^2)

区域	组别	冬训开始	冬训前期	冬训后期	冬训结束	F
Fp1	安静状态	40.32±33.16	44.12±36.12	42.51±30.25	45.23±30.35	0.1072
	训练课后		43.55±35.77	44.72±32.36		0.0147
Fp2	安静状态	41.19±34.34	43.41±32.64	44.52±31.67	44.26±29.44	0.0556
	训练课后		41.23±33.14	42.19±34.31		0.0101
F3	安静状态	43.37±18.12	45.97±20.06	44.85±21.42	44.48±29.32	0.05852
	训练课后		44.05±19.82	44.64±20.50		0.0107
F4	安静状态	42.15±21.22	41.51±20.82	42.29±22.37	42.21±26.51	0.0061
	训练课后		38.89±18.88	39.57±17.66		0.0173
C3	安静状态	40.47±20.73	46.45±18.27	45.39±19.85	43.56±27.62	0.3573
	训练课后		43.88±22.36	44.69±23.61		0.0155
C4	安静状态	52.16±31.44	55.16±30.73	56.43±31.22	51.31±33.17	0.1468
	训练课后		41.46±22.88*	50.61±21.74		2.1012
P3	安静状态	89.36±50.70	91.86±53.09	89.81±52.51	88.78±47.26	0.0173
	训练课后		69.27±47.83*	88.33±46.84		2.2065
P4	安静状态	85.21±36.29	86.95±39.63	87.67±37.94	86.65±39.31	0.0182
	训练课后		65.83±40.19*	86.58±41.37		3.2356
O1	安静状态	160.98±95.88	167.78±97.34	162.21±94.28	162.49±83.66	0.0264
	训练课后		112.68±73.83*	160.77±71.56		5.4690*
O2	安静状态	158.66±86.31	155.57±83.21	156.34±81.97	157.91±87.52	0.007
	训练课后		105.39±60.58*	144.50±61.73		5.1119*

注: *表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$ 。下同。

表 3 冬训期间不同阶段及训练负荷课前、后 β 频段功率值的比较一览表 (μV^2)

区域	组别	冬训开始	冬训前期	冬训后期	冬训结束	F
Fp1	安静状态	7.44±3.63	8.38±4.46	7.76±4.16	8.57±4.28	0.4051
	训练课后		8.13±3.95	7.55±3.84		0.2771
Fp2	安静状态	11.45±6.73	10.23±7.71	11.47±7.61	12.69±5.16	0.5329
	训练课后		9.27±4.39	10.51±6.99		0.5642
F3	安静状态	22.57±15.43	23.17±17.27	21.96±18.29	24.72±16.29	0.1235
	训练课后		21.73±16.23	21.73±18.11		0.000
F4	安静状态	20.43±11.52	19.46±13.60	17.53±16.66	22.56±13.47	0.5636
	训练课后		21.75±14.5	20.43±15.54		0.0964
C3	安静状态	22.54±13.39	21.63±14.11	15.39±15.11	24.44±15.19	1.8339
	训练课后		19.40±13.11	29.27±15.71*		5.8169*
C4	安静状态	18.12±11.34	17.52±10.64	14.72±11.04	20.67±12.77	1.1321
	训练课后		17.65±13.10	29.65±12.19*		11.2408**
P3	安静状态	22.38±10.89	24.78±12.37	25.48±13.47	23.28±11.34	0.3404
	训练课后		23.65±11.99	23.35±13.69		0.0067
P4	安静状态	20.33±13.12	19.68±10.10	18.28±10.29	22.46±12.38	0.5675
	训练课后		25.46±13.83	24.67±13.81		0.0408
O1	安静状态	32.32±14.93	33.77±15.23	31.29±15.13	33.35±11.71	0.0376
	训练课后		29.70±15.46	28.86±15.46		0.0369
O2	安静状态	27.53±11.65	26.23±10.17	27.63±10.77	29.32±10.88	0.3390
	训练课后		27.84±12.39	27.74±12.79		0.0008

表 4 冬训期间不同阶段脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 比较一览表

区域	冬训开始	冬训前期	冬训后期	冬训结束	F	Q 检验结果
O1	0.62±0.36	1.81±0.27	0.41±0.16	0.97±0.39	99.98**	不同阶段之间差异均有显著性
O2	0.63±0.19	1.63±0.31	0.39±0.12	0.94±0.37	102.936**	同上

表 5 优秀射箭运动员冬训期间脑电指标评价参考标准一览表

	脑电功率谱比值	α 频段功率值 (μV^2)		β 频段功率值 (μV^2)	
		O1	O2	C3	C4
正常范围	0.20~0.89	52.36~124.48	54.87~116.39	16.09~19.10	15.68~17.71
最佳范围	0.92~1.10	124.49~167.33	116.40~152.57	19.11~24.42	17.72~22.65
警戒范围	1.11~2.19	>167.33	>152.57	>24.42	>22.65

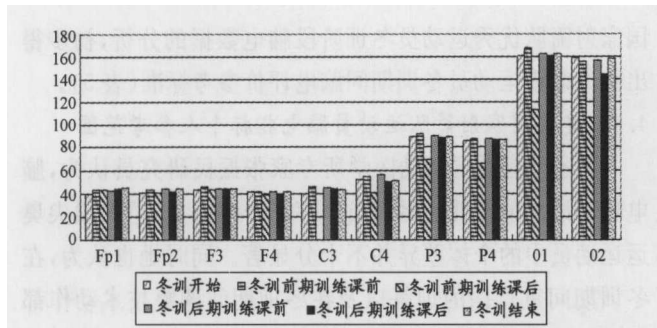


图 1 不同阶段脑电 α 频段功率值比较直方图

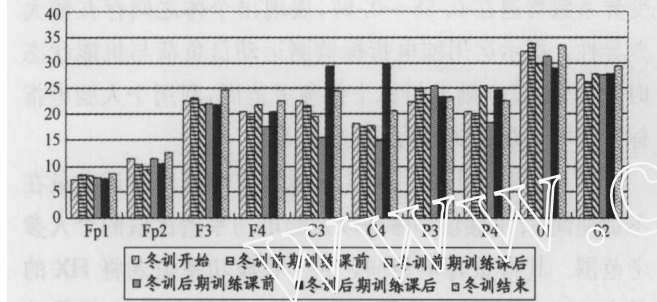


图 2 不同阶段脑电 β 频段功率值比较直方图

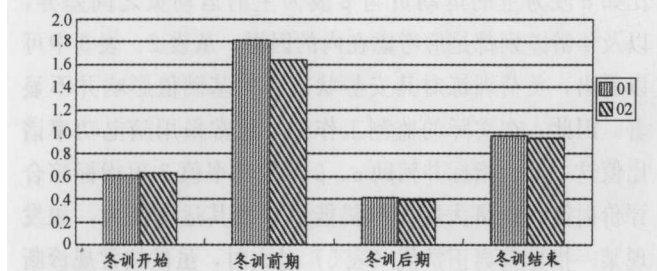


图 3 不同阶段脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 比较直方图

3.2 国家射箭队部分运动员冬训期间个人脑电敏感指标参考值范围

表 6 α 频段功率值冬训期间个人参考范围一览表 (μv^2)

	O1			O2		
	$\bar{X}\pm SD$	max	min	$\bar{X}\pm SD$	max	min
H X	69.37±4.89	73.97	65.21	65.72±4.14	69.19	61.38
ZXX	91.46±5.90	96.44	85.87	88.29±6.83	94.79	81.89
L X	86.65±9.43	95.65	77.09	87.54±7.91	95.13	80.44
QXX	164.37±9.34	173.17	154.76	162.73±9.25	170.93	153.29
XXX	56.98±4.37	61.37	52.36	60.74±5.57	66.10	54.87
YXX	112.57±7.83	120.19	104.88	115.64±8.56	123.28	107.06
WXX	95.68±8.21	103.29	87.25	96.39±8.92	104.85	87.91
CXX	89.38±5.51	94.54	84.01	84.38±6.74	90.76	77.59

表 7 β 频段功率值冬训期间个人参考范围一览表 (μv^2)

	C3			C4		
	$\bar{X}\pm SD$	max	min	$\bar{X}\pm SD$	max	min
H X	23.43±4.31	27.22	18.39	23.93±3.87	26.97	20.11
ZXX	18.57±3.41	22.13	16.09	19.78±2.91	22.34	17.14
L X	19.36±3.24	22.64	16.21	18.42±3.74	21.76	15.82
QXX	19.74±3.10	21.99	16.44	19.99±4.11	22.88	15.68
XXX	26.92±2.37	28.67	24.38	25.67±2.19	27.37	23.30
YXX	22.57±1.99	23.77	20.09	23.86±2.83	26.55	20.64
WXX	27.43±1.10	28.23	26.07	28.13±2.31	30.12	25.74
CXX	22.75±3.83	25.82	19.85	22.17±4.13	26.08	18.04

表 8 脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 冬训期间个人参考范围一览表

	O1($\delta+\theta)/\alpha$			O2($\delta+\theta)/\alpha$		
	$\bar{X}\pm SD$	max	min	$\bar{X}\pm SD$	max	min
H X	1.66±0.36	2.14	1.17	1.89±0.39	2.21	1.37
ZXX	0.63±0.19	0.83	0.44	0.68±0.14	0.79	0.50
L X	0.59±0.21	0.71	0.28	0.55±0.17	0.66	0.32
QXX	0.24±0.09	0.31	0.15	0.27±0.08	0.31	0.12
XXX	2.14±0.80	2.77	1.29	2.20±0.69	2.61	1.44
YXX	0.31±0.11	0.40	0.18	0.34±0.10	0.42	0.20
WXX	0.42±0.11	0.51	0.33	0.47±0.13	0.61	0.31
CXX	0.37±0.09	0.41	0.29	0.39±0.08	0.46	0.30

4 讨论

4.1 脑电监控指标在运动训练中的应用

在目前运动医学的研究中, α 波的变化是运动员训练疲劳征兆在大脑生物电活动中的表现^[5-9]。 β 波一般代表大脑皮层的兴奋, 波幅增高被认为是神经细胞兴奋性增高的表现。 中枢神经系统是机体产生兴奋, 发放冲动, 调解肌肉收缩的机能系统, 中枢神经系统机能障碍会使整体机能下降。 在疲劳时, 中枢神经系统有兴奋性增高或降低两种趋势的变化^[10]。

翁庆章等(1987)发现, 经过 2 个多小时的马拉松跑后, 运动员的脑电功率谱中 α 频率相对能量减少, 在中央区的表现更为明显^[11]。 史祝梅(1999)发现, 杠铃蹲起运动负荷后 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ 频段功率值减少, 可以认为, 负荷后 α 频段功率值的降低与慢波功率值的增加一样, 标志着大脑皮质神经细胞的电活动出现抑制过程。 运动负荷导致脑电活动抑制的机制可能是多方面的^[12]。 Lassen NH 解释为, 本体感受器传入冲动不断传到大脑皮质, 兴奋产生总和达一定时间后则出现疲劳, 亦即大脑皮质中能量消耗(亦有称主要为脑内的耗竭)到一定程度时, 皮质细胞就由兴奋转为抑制^[13]。 由于脑活动的波动性, 影响脑代谢的因素很多, 高负荷强度运动后, 脑代谢加速, 主要是与脑温有关。 运动负荷中最大的代谢产物是热量, 热量在运动过程中除了散发到体外, 也提高了人体的温度, 当体温升高 $1^{\circ}C$ 时, 身体的代谢率可以增加至 13%, 脑部代谢亦加速, 而脑波频率与脑代谢过程的速度成正比。 因此, 脑代谢加速是导致运动后 β 频段脑电功率值增加的主要原因^[14]。 张振民等(2002)发现, 脑功能特征与神经元代谢方式和乒乓球的技术打法相关联。 同时还发现, 运动表象时脑电 α 波被抑制的程度可反映运动员集中注意能力。 冠军运动员 α 波被抑制的数值与银、铜牌得主比较有显著性差异 ($P < 0.001$)。 后备力量相当于第 46 届世乒赛银牌得主的水平。 脑电功率谱可以用于评价对训练负荷的应激水平, 从而调控训练强度。 世界冠军运动员与银、铜牌得主比较两者对运动负荷的承受能力差别显著 ($P < 0.001$)。 第 46 届世乒赛运动员脑电功率谱能量比值明显高于第 45 届世乒赛, 可能与改用大球比赛有关^[15]。

4.2 射箭项目脑电监测的特点

射箭运动属技能类项目, 以“快速、稳定、准确、一致、流畅”为项目特征, 训练与比赛中, 运动员所使用的弓、箭器材是相对固定的, 比赛的程序、方式、时间是有严格规定的, 没有特殊情况, 一般不会发生较大变化, 运动员的体

能消耗相对稳定,因此,射箭专项训练负荷强度多以心理负荷的强、弱来体现。此外,训练过程中训练的难度、教练员及运动员对动作质量的要求、单位时间的练习密度等都会对运动员训练中负荷的强度造成一定影响^[3]。同时,射箭运动是以有氧代谢供能为主要特点的运动项目,要求运动员具有良好的有氧耐力素质。国家射箭队重点训练课长达 3~4 h,运动员训练后的精神疲劳程度高于体力疲劳。由于射箭技术特点的影响,也会造成运动员大脑供氧相对不足,从而也会产生短时间无氧代谢供能的现象。射箭项目大负荷训练期中出现的应激多为紧张性应激,更多地是涉及到中枢神经机能以及心理学的因素。我国著名射箭教练徐开才特别强调:“在负荷方面应当有计划、有控制的,因为技术训练只能在运动员的中枢神经系统处在适宜的兴奋状态、精神集中时才能收到良好的效果。如果运动员处于疲劳状态,势必造成中枢神经系统不兴奋、肌肉感觉模糊,精神不集中,技术辨别能力下降,从而破坏正确的动力定型,不能有效地掌握和改进技术,而且容易产生伤害事故”。因此,采用脑电地形图长期跟踪监测射箭运动员脑机能变化特点,是提高射箭训练科学性、针对性、有效性的重要手段。我们将近几年国内用于训练监控的脑电测试指标用于射箭项目冬训,发现脑电功率谱比值、训练课后 C3、C4、P3、P4、O1、O2 位置的 α 、 β 频段脑电功率值等指标用于训练监测,能够较好地反映训练状态。

4.3 冬训期间各阶段脑电跟踪变化情况

本研究中,负荷训练后脑电的变化原因主要是中枢疲劳所致,导致中枢疲劳的原因也是多方面的。射箭运动员在冬训前期的训练中,专项负荷的安排主要体现在负荷量的变化,强度并不大,因此,运动员脑电的变化主要体现为 α 频段的脑电功率值下降,中枢神经系统经过本阶段的训练兴奋性有所下降。冬训的后期,由于记分训练的增加,以及队内选拔的竞争效应,训练负荷开始转变为中等负荷量,次高强度训练,这样射箭运动员 β 波的脑电功率值随着专项负荷强度的增加而增加,表明大脑皮层细胞处于高负荷状态时兴奋增加并扩散。

在冬训开始的国家射箭队脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 为 0.62~0.63 左右,在冬训前期的训练中,其训练特点是体能训练为主,技术动作处于改进调整并逐步形成自动化,在一段低负荷专项训练后,由于对大运动量训练产生不适应的中枢神经的兴奋性开始下降,抑制性增强,此时其身体的疲劳开始积累,其脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 上升至 1.63~1.81,这属于正常反应。冬训后期当国家队的训练转入低负荷量、高负荷专项训练后,机体完成基本的体能储备,逐渐适应专项训练的负荷量,但随着负荷强度的增加,其中枢神经抑制性减弱,兴奋性增加并扩散,慢波减少, β 频段功率值以及 β 指数都有显著上升,这导致运动员脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 显著下降为 0.39~0.41。冬训结束后,选拔也已完成,进入最后的备战阶段,运动员训练逐渐进入赛前准备阶段,其大脑各频段脑波比重也逐渐调整至合理区间,并逐步接近最佳状态区间 0.94~0.97,可看出整个冬训的训练效果良好。通过对 2003—2004 年

国家射箭队优秀运动员冬训阶段脑电数据的分析,初步得出优秀射箭运动员冬训期间脑电评价参考标准(表 5)。

4.4 建立国家射箭队运动员脑电指标个人参考范围

国家体育总局运动医学所专家张振民研究员认为,脑电功率谱比值在普通运动员中存在个体差异,但在顶尖奥运运动员中的个体差异并不十分显著。同时她也认为,在冬训期间重点课的训练以及在冬训期间调整技术动作都会对运动员的大脑中枢机能产生影响。

从表 2~表 4 可以看出,各指标的离散程度比较大,其变异系数普遍在 0.58~0.87,表现出个体之间存在较大差异性。提示运用脑电指标监测运动员负荷与机能状态时,有必要建立脑电指标个体参考范围,利用个人脑电指标变化率客观反映运动员机能状况。

表 6~表 8 列出了 2004 年国家射箭队 4 名运动员在冬训期间 α 、 β 频段功率值以及脑电功率谱比值的个人参考范围。其特点各不相同,如 α 频段功率值老将 HX 的最高值还不到 QXX 最低值的一半。用脑电 α 、 β 频段功率值评价运动员的机能状态需要注意该指标的个体差异,比如 α 波为主的运动员与 β 波为主的运动员之间差异,以及年龄差别都是应考虑在内的因素。从表 2、表 3 中可以看出,负荷训练对其安静状态下的基础值影响并不显著。因此,在实际的监测工作中,通常采用脑电功率谱比值这一评价指标并辅助 α 、 β 频段功率值 3 项指标综合评价射箭运动员大脑中枢机能水平及其运动能力,如发现某一指标偏离正常值(表 5)过大时,虽然按常规诊断已处于“警戒”状态,但仍没有超出该运动员曾经监测的最高值,应依据这 3 个指标的个人参考范围综合评价,并注意监测与恢复。

以国家队 HX 运动员为例,该运动员由于年龄较大,在冬训初期的脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 为 1.24,而在一段低负荷专项训练后,中枢神经的兴奋性开始下降,抑制性增强,表现为慢波增多。由于这一阶段的训练特点是体能训练占有很大比重,再加上技术动作处于改进调整并逐步形成自动化阶段,其消耗的精力比技术动作自动化形成后更大,此时其身体的疲劳处于积累阶段,因此运动员自我报告中大多提到感觉疲劳,其脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 上升为 2.19,这属于正常反应。而当进入高负荷专项训练后,其中枢神经抑制性减弱,兴奋性增加并扩散,慢波减少, β 频段功率值以及 β 指数都有显著上升,这导致运动员脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 显著下降,达到 1.37,此时运动员自我报告主要反映感觉入睡困难,睡眠不踏实,易醒。而当整个冬训结束后,运动员的体能储备完成,这可以从其机能评定的台阶指数 71.40 上升至 89.10 得到印证。同时,选拔也已结束后,进入最后的备战阶段,其大脑各频段脑波比重也逐渐调整至合理区间,此时运动员脑电功率谱比值 $(\delta+\theta)/\alpha$ 为 1.17,接近最佳状态,说明冬训中的训练效果良好。在奥运会赛前的脑电跟踪监测中该指标一直保持在这一水平,在其后的雅典奥运会比赛中也印证这一指标的准确性与实用性。

(下转第 110 页)

3. 判断一名举重运动员的体重是否理想,还应注意观察其训练与身体机能状况。如果能够进一步结合运动员的主观感受与心理指标的监测,则诊断将更加准确。

4. 举重运动员理想体重的判别依据包括 4 个方面:理想的体重变化范围、理想的体脂%、良好的训练情况和身体机能状态的正常变化。

参考文献:

[1] LAKIN J A, STEEN S N, OPPLIGER R A. Eating behaviors, weight loss methods, and nutrition practices among high school wrestlers[J]. J Community Health Nurs, 1990, 7(4): 223-234.

[2] OPPLIGER R A, STEEN S A, SCOTT J R. Weight loss practices of college wrestlers[J]. Int J Sport Nut Exe Metab, 2003; 13(1): 29-46.

[3] 冯连世, 黄徐根, 赵鹏, 等. 运动员减体重研究现状[J]. 体育科学, 2005, 25(9): 59-68.

[4] 刘玲, 盛泽田, 项春林, 等. 摔跤运动员合理控降体重的研究[J]. 中国体育教练员, 2003, 41(1): 38.

[5] 郑念军. 摔跤运动员减控体重系统模型的构建与实施方案[J]. 山东体育学院学报, 2005, 21(1): 59.

[6] 田麦久. 体育院校通用教材·运动训练学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2000: 404-421.

[7] 徐本力. 运动训练学[M]. 北京: 人民体育出版社, 1999: 182.

[8] 杨世勇. 优秀举重运动员减体重战术的研究[J]. 成都体育学院学报, 2003, 29(4): 66-69.

[9] 冯连世, 冯美云, 冯炜权. 优秀运动员身体机能评定方法[M]. 北京: 人民体育出版社, 2003: 336.

[10] 梅德维杰夫. 比赛阶段训练过程的内容[M]. 莫斯科: 莫斯科体育与运动出版社, 1981: 53.

[11] LOHMAN T G. Basic concepts in body composition assessment [M]. in: Advances in Body Composition Assessment Campaign, Illinois; Human Kinetics Books, 1992: 1-6.

[12] FOGELHOLM G M, KOSKINEN R, LAAKSO J, et al. Gradual and rapid weight loss: effects on nutrition and performance in male athletes[J]. Med Sci Sports Exe, 1993, 25 (3): 371-377.

[13] EULANI R L, SHARMA K N. Effect of dehydration and a few regimes of rehydration on human performance [J]. Indian J Physiol Pharmacol, 1980, 24(4): 255-266.

[14] 李宁, 王忠霞, 阎肖卿, 等. 快速减重对运动员健康和运动能力的影响[J]. 中国公共卫生, 1996, 12(2): 69-71.

[15] FILAIRE E, MASO F, DEGOUTTE F, et al. Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes[J]. Int J Sports Med, 2001, 22(6): 454-459.

(上接第 104 页)

5 小结

1. 冬训期间大负荷量低强度专项训练阶段, 射箭运动员的中枢神经系统会由兴奋转向抑制; 而在冬训期间小负荷量高强度专项训练阶段, 由于训练的负荷强度增加以及运动员注意力高度集中, 中枢神经系统的兴奋性会随之增高。

2. 冬训期间射箭运动员脑电图功率谱比值随专项负荷量与强度的变化增高或降低。专项负荷训练课后, 射箭运动员顶枕区双侧 α 频段脑电功率值有下降趋势, 而中央回双侧 β 频段脑电功率值有上升趋势, 且差异有显著性。上述 3 项指标可用于射箭运动员冬训期间运动负荷监控。为便于训练监控, 建立了优秀运动员冬训期间脑电主要指标评价参考标准。

3. 以 2003 年至 2004 年国家射箭队备战雅典奥运会部分重点运动员冬训不同阶段的各项脑电指标的最低值、平均值和最高值作为 3 个参照点, 确定国家射箭队运动员个人脑电敏感指标参考范围, 通过实际测试值与上述评价标准、个人参考范围的对比分析, 可以判断训练后的疲劳和恢复情况, 并提供客观和个性化的诊断依据。

参考文献:

[1] 郭蓓. 雅典奥运会射箭比赛后的思考[J]. 中国射击射箭, 2004, 16(6): 7-9.

[2] 郭蓓, 姚颂平. 我国射箭运动训练现状的调查与分析[J]. 中国体育科技, 2005, 41(5): 108-112.

[3] 郭蓓. 射箭备战重大比赛期专项训练负荷的特点[J]. 体育科研, 2006, 27(5): 47-52.

[4] 谭郁玲, 侯沂. 临床脑电图学与脑电地形图学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999.

[5] 张树栋. 运动员过度训练综合症的脑电图[J]. 体育科技资料, 1974, 10(18): 42-52.

[6] 黄登惠, 周义琼, 孙晓箐. 网球运动员脑电图研究[J]. 中国运动医学杂志, 1988, 17(4): 237-238.

[7] 黄登惠. 技巧运动员脑电图研究[J]. 四川体育科学, 1989, 9(3-4): 29-31.

[8] 张振民, 岑浩望, 徐敬琴. 中国女排运动员不同负荷自行车运动时脑电图研究[J]. 中国运动医学杂志, 1984, 13(4): 212-217.

[9] 黄登惠. 117 例运动员 α 脑波分析[J]. 成都体育学院学报, 1990, 16(2): 89-93.

[10] 冯应琨. 临床脑电图学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1980.

[11] 翁庆章. 我国优秀马拉松运动员比赛前后脑电图电子计算机分析的研究[J]. 中国运动医学杂志, 1987, 16(2): 85~90.

[12] 史祝梅. 杠铃蹲起负荷前、后脑电功率值的变化[J]. 中国体育科技, 1999, 35(8): 10-12.

[13] LASSEN NH; Brain extracellular PH The main factor controlling cerebral pload flow scand[J]. J Clin Lab Invest, 1968, : 221-224.

[14] 张振民. 优秀乒乓球运动员神经调节机能特征[J]. 中国运动医学杂志, 1998, 17(8): 200-205.

[15] 张振民, 周末艾, 蔡振华, 等. 中国乒乓球世界冠军运动员脑功能特征研究[J]. 中国运动医学杂志, 2002, 21(3): 452-457.