



射击、射箭运动员脑电超慢图正常参考值的初步研究

郑樊慧¹, 全志伟¹, 张平法²

摘要: 利用脑电超慢涨落技术 (SET) 对射击、射箭运动员安静状态下的脑电超慢涨落图信号系统的特征进行了研究。研究发现: (1) 与普通人相比, 射击、射箭运动员的全脑多巴胺的平均激活水平低于普通人, 两者之间存在非常显著性差异。具体到各脑区, 这种差异主要存在于右侧的额区、运动区及顶区。在这些脑区中, 普通人的值均高于运动员。(2) 优秀的射击、射箭运动员与一般的射击、射箭运动员相比, 他们的全脑各神经递质的平均激活水平无显著性差异。而对各脑区各递质的激活水平的对比分析发现, INH 在大脑的左侧额区、5-HT 在左侧后颞区、Ach 在左侧顶区、DA 在右侧枕区及左侧后颞叶均存在显著性差异, NE 在左侧顶区、EXE 在右侧顶区均存在显著性差异。(3) 对步枪、飞碟、手枪、移动靶及射箭五个项目运动员的全脑各神经递质平均激活水平的对比分析发现, 各项目间均无显著性差异。而对各脑区各递质的对比分析发现, INH、5-HT、EXE、NE 的激活水平在右侧顶区、左、右颞区、右枕区, 不同项目间存在显著性差异。

关键词: 射击; 射箭; 脑电超慢涨落图

中图分类号: G804.8 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2010)01-0070-07

Normal Reference Value of the Ultra-Slow EEG Map of Shooters and Archers

ZHENG Fan-hui¹, QUAN Zhi-wei¹, ZHANG Ping-fa²

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

Abstract: The technology of ultra-slow EEG fluctuations (SET) was applied to study the characteristics of ultra-slow EEG fluctuations map signal system of shooters and archers in tranquil state. The study reveals the following: 1. Comparing to ordinary people, the average activation level of whole-brain dopamine of shooters and archers is low. There is a significant difference between the two. The difference exists mainly in the right frontal part, motor area and parietal region of the brain. In those brain areas, the values of the ordinary people are higher than those of the athletes. 2. There is no distinct difference between the average activation levels of the whole brain neurotransmitters of the elite shooters and archers and those of the ordinary shooters and archers. A comparative analysis between the neurotransmitters of the different brain areas of the elite and ordinary shooters and archers shows that significant difference can be found in the following: INH in left frontal part, 5-HT in left posterior temporal area, Ach in left parietal region, DA in right occipital area and left posterior temporal lobe, NE in left parietal region and EXE in right parietal region. 3. A comparative analysis of the average activation level of the whole-brain neurotransmitters of the archers and the shooters of rifle, clay pigeon, pistol and moving target shows that there is no distinct difference between the athletes of different sports. While a comparative analysis between the neurotransmitters of the different brain areas reveals significant difference of the activation level of INH, 5-HT, EXE and NE in right parietal region, left and right temporal area, right occipital area as well as the different sports.

Key words: shooting; archery; ultra-slow EEG fluctuation map

脑电超慢涨落技术 (SET) 是一项新的脑电图分析技术, 该技术在完全自然和绝对无损伤的条件下, 对脑波超慢涨落过程进行扫描, 并可获得有关脑内神经递质活动的信息^[1]。它的创始人是我国航天医学研究所的梅磊教授。他提出^[2], 传统的脑电检测皮层顶树突群中的快突触后电位。而 SET 检测受体后 G 蛋白 / 离子通道系统输出的慢突触后电位。神经递

质作用于受体交联的 G 蛋白时, 信号被多级放大, 最终很多离子通道被激活而发放复杂超慢信号。这种慢信号带有一种巨涨落的特征, 它对脑波 α 波起到调制作用。其信息可以按下列次序携带到脑波中: 神经递质量子释放的涨落 \rightarrow 突触后电位幅度的涨落 \rightarrow 脑 α 波的涨落 \rightarrow 超慢振荡系统的谱线和谱系结构。这种过程是非线性的, 在各个环节上都可以通过自组织而把主

收稿日期: 2009-12-25

基金项目: 上海市体育局科研攻关与科技服务 (06JT004)

第一作者简介: 郑樊慧, 女, 研究员. 主要研究方向: 运动心理学.

作者单位: 1. 上海体育科学研究所, 上海 200030; 2. 北京太阳电子科技有限公司, 北京 100086



要特征(频率、周期)突现出来,锁定在某个稳定的频率上。不同神经递质可以有不同的稳定频率(优势谱线、谱系)。后者即可看作不同神经递质的“动力学密码”。

目前,该技术在临床上得到应用,很多与神经递质变化有关的诸如老年痴呆症、癫痫、帕金森症、弱智、神经衰弱、抑郁症等多种躯体和心理疾病的检测均使用到该项测试技术,这些检测结果特别是神经递质的变化结果与临床疾病上的症状显示和其它医学诊疗设备得出的结论是一致的。这些研究说明 SET 具有很高的信度和效度^[3]。此外,对于正常人不同认知条件下大脑功能的研究也采用了该项测试技术,这些研究结果表明,某些特征谱线系在全脑的活动水平与认知功能有关,且它们活动的脑空间分布与认知功能也有密切关系^[4-12]。

而在体育领域里,也逐渐运用该项技术开展了一些研究。如我国魏高峡对游泳运动员赛前一、赛前一天和赛后3个时刻的神经递质的变化进行了研究。研究发现^[13], (1)游泳运动员大脑中枢递质的活动在赛前一天出现了具有大脑活动结构特征的规律性变化,而赛前一天尚未发现任何反映脑功能状态的规律性活动。(2)赛前一天,游泳运动员大脑中枢递质的规律性变化与某些脑区有关,具体表现为 DA 的左脑优势、5-HT 的右脑优势和 ACh 的前高后低走向。(3)良好的赛前心理状态需要有合理的递质空间构型和左右脑协同关系。赛前一天 5-HT、ACh 和 DA 具有的额脑优势、右脑的前后协同水平和左右脑前后协同水平可以作为赛前心理状态诊断的参考指标。

也有研究者运用超慢涨落图技术,对优秀射箭运动员的脑波涨落图进行研究并与对照组进行了比较。结果显示^[14]与对照组相比,优秀射箭运动员的 S 谱线的分布具有特异性变化。还有研究者对 16 名广东省射击运动员短期高强度负荷后的脑神经递质的变化情况进行了监测。结果表明^[15], ACh 活性显著升高, Glu、5-HT、DA 呈上升趋势, GABA、NE 呈下降趋势。

因此,本研究利用该测试技术,在上海射击、射箭运动员年度比赛结束休息调整后,对他们进行脑电测试,得到脑电超慢涨落的相关指标,以此研究射击、射箭运动员脑电超慢涨落正常参考值,并将他们的值与普通正常人进行比较,同时还将优秀运动员与非优秀运动员值进行了比较,以进一步研究射击、射箭运动员脑电超慢涨落值的特点,同时,为评价运动员的中枢机能状态提供基础指标。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

上海射击、射箭队的一线运动员,共 62 名,其中男运动员 24 名,女运动员 28 名,平均年龄 23.8 ± 1.5 岁。均为右利手。

以普通的正常人为对照组。选择了无各种疾病,在做 SET 前两周内未服用任何药物,脑电图正常者,共 21 人,其中男性 9 人,女性 12 人,平均年龄 31.38 ± 9.89 岁。均为右利手。

1.2 测试工具

超慢涨落视频脑电图仪(北京太阳电子科技有限公司生

产)。该仪器是采用无笔记录方式的一体化脑电图机。该仪器各频段的划分为 δ 频段 (0.8~3.8 Hz)、 θ (4.0~7.8 Hz)、 $\alpha 1$ (8.0~8.8 Hz)、 $\alpha 2$ (9.0~10.8 Hz)、 $\alpha 3$ (11.0~13 Hz)、 β (13~30 Hz)。该仪器能从传统脑电信号中提取 SET 信息。

1.3 测试程序

脑电测试时让受试者坐在带有扶手的椅子上,安静、闭目,尽量不眨眼、不转动眼球,不想事,勿入睡。电极帽松紧适度,按照国际 10/20 系统安放电极,安放的位置为 F_3 、 F_4 、 C_3 、 C_4 、 P_3 、 P_4 、 O_1 、 O_2 、 F_7 、 F_8 、 T_5 、 T_6 , 双侧耳垂为参考电极,前额正中接地。记录安静时脑电 1 024 s。采集完运动员的原始脑电后进行脑电超慢涨落分析,计算出脑内全脑平均及各脑区 INH(抑制性递质), 5-HT, ACh, DA, NE, EXE(兴奋性递质)的激活相关值。所测得的数值是将测得的频谱特征结构与所建立的递质模型(密码)库进行比较,得到的一系列相关数值。所得的数值带有正负号,为了对全脑和各脑区的神经递质的激活程度进行统计分析,本文根据梅磊教授的转换公式对数据进行了变换。

1.4 数据处理

运用 SPSS13.0 统计软件进行数据统计,采用非参数检验中的两个独立样本检验进行数据分析。数据值均采用均数加减标准差表示。

2 研究结果

2.1 射击、射箭运动员与普通全脑神经递质激活水平比较

将射击、射箭运动员神经递质激活水平全脑均值与普通正常人比较,进行两独立样本检验后结果显示,除了 DA 两者之间存在非常显著性差异外 ($P=0.004 < 0.01$),运动员与普通正常人其他神经递质激活水平的全脑均值无显著差异(见表 1、图 1)。

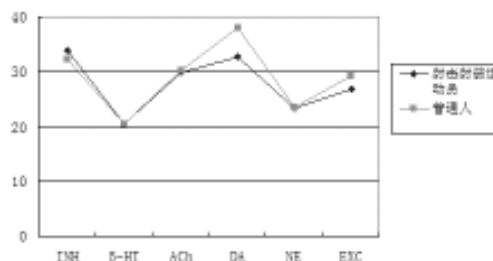


图 1 射击射箭运动员与普通全脑神经递质平均激活水平的比较

Figure 1 Comparison between the Average Activation Levels of the Whole-Brain Neurotransmitters of Shooters, Archers and Ordinary People

3.2 射击、射箭运动员与普通各脑区各神经递质激活水平比较

将射击、射箭运动员各脑区各神经递质激活水平与普通正常人比较,进行两独立样本检验后结果显示,两者仅 DA 在大脑的右侧额区 (F_4) ($P=0.001 < 0.01$) 存在非常显著性差异,



运动区 (C₄) (P=0.01 < 0.05), 顶区 (P₄) (P=0.047 < 0.05) 存在显著性差异, 在这些脑区中, 普通人的值均高于 (见表2、表3, 图2)。

表1 射击、射箭运动员与普通人全脑神经递质平均激活水平的比较

Table I Comparison between the Average Activation Levels of the Whole-Brain Neurotransmitters of Shooters, Archers and Ordinary People

	N	INH	5-HT	ACh	DA	NE	EXC
运动员	62	33.88 ± 7.34	20.47 ± 5.95	29.86 ± 6.27	32.61 ± 7.90 ¹⁾	23.38 ± 6.15	26.89 ± 7.99
普通人	22	32.26 ± 6.17	20.46 ± 6.38	30.18 ± 5.06	37.86 ± 6.71 ¹⁾	23.52 ± 6.69	29.27 ± 5.60

注: 1) 表示 P < 0.01

表2 射击、射箭运动员各脑区各神经递质激活水平 (N=62)

Table II Activation Levels of the Activation Levels of Neurotransmitters of the Different Brain Areas of Shooters and Archers (N=62)

	INH	5-HT	ACh	DA	NE	EXE
F ₃	34.80 ± 14.87	21.37 ± 9.62	28.05 ± 11.60	29.49 ± 12.06	25.35 ± 12.06	26.58 ± 14.99
F ₄	33.14 ± 13.07	21.45 ± 13.45	30.62 ± 12.64	31.66 ± 14.03 ²⁾	24.11 ± 12.00	27.12 ± 13.61
C ₃	34.10 ± 14.16	22.00 ± 13.52	29.54 ± 14.01	29.84 ± 14.00	24.99 ± 13.74	25.69 ± 13.28
C ₄	36.34 ± 13.61	21.20 ± 12.15	30.81 ± 11.16	31.75 ± 14.26 ¹⁾	23.89 ± 11.48	23.52 ± 13.76
P ₃	32.07 ± 12.32	19.29 ± 10.66	30.18 ± 13.35	34.08 ± 14.28	22.23 ± 12.88	27.87 ± 14.78
P ₄	36.08 ± 16.13	19.57 ± 11.01	29.65 ± 9.89	33.39 ± 14.59 ¹⁾	22.44 ± 10.23	27.15 ± 15.85
O ₁	32.84 ± 13.79	19.98 ± 12.88	30.64 ± 13.85	36.61 ± 16.56	22.64 ± 13.83	28.03 ± 14.26
O ₂	33.84 ± 15.88	20.53 ± 11.35	30.48 ± 13.2	33.05 ± 14.50	23.90 ± 13.33	26.06 ± 15.06
F ₇	34.80 ± 14.75	21.21 ± 11.75	30.32 ± 13.74	32.47 ± 15.17	23.03 ± 12.94	26.19 ± 14.07
F ₈	33.48 ± 15.97	19.70 ± 9.23	30.18 ± 12.61	32.34 ± 13.02	21.00 ± 11.20	28.99 ± 14.96
T ₅	34.75 ± 15.30	19.17 ± 11.32	29.11 ± 11.73	33.53 ± 14.74	22.82 ± 13.59	28.63 ± 15.07
T ₆	30.28 ± 12.69	20.11 ± 9.33	28.77 ± 11.04	33.10 ± 12.51	24.15 ± 13.36	26.82 ± 13.18

注: 与普通人比较, 1) 表示 P < 0.05, 2) 表示 < 0.01

表3 普通人各脑区各神经递质激活水平 (N=21)

Table III Activation Levels of the Neurotransmitters of the Different Brain Areas of Ordinary People (N=21)

	INH	5-HT	ACh	DA	NE	EXE
F ₃	36.13 ± 15.08	23.02 ± 12.20	28.94 ± 14.33	34.35 ± 14.35	25.51 ± 14.97	25.36 ± 13.15
F ₄	29.81 ± 12.13	16.98 ± 10.51	28.42 ± 7.75	44.57 ± 17.22	23.32 ± 12.86	32.27 ± 15.07
C ₃	31.03 ± 13.27	21.05 ± 10.72	31.09 ± 10.00	37.04 ± 16.85	22.86 ± 14.67	30.59 ± 15.40
C ₄	33.55 ± 8.25	18.39 ± 11.41	28.02 ± 9.87	42.13 ± 15.42	25.64 ± 13.13	25.92 ± 10.63
P ₃	29.18 ± 12.82	21.17 ± 11.54	36.68 ± 16.52	37.14 ± 17.34	17.51 ± 12.37	30.32 ± 14.19
P ₄	30.35 ± 13.60	19.76 ± 11.78	32.74 ± 11.08	41.99 ± 16.51	19.95 ± 15.42	31.98 ± 14.69
O ₁	33.92 ± 12.36	20.43 ± 10.46	27.23 ± 10.06	35.89 ± 15.76	27.39 ± 13.62	30.49 ± 12.41
O ₂	30.47 ± 12.98	17.97 ± 10.91	26.37 ± 11.08	41.17 ± 17.50	27.30 ± 13.21	29.14 ± 11.79
F ₇	34.41 ± 12.46	22.69 ± 10.87	30.04 ± 9.80	35.85 ± 15.48	20.45 ± 9.3	29.69 ± 13.62
F ₈	33.84 ± 17.98	22.91 ± 12.31	30.55 ± 13.74	33.32 ± 13.54	27.68 ± 15.37	26.55 ± 14.57
T ₅	30.72 ± 12.87	20.90 ± 10.63	33.34 ± 12.45	36.70 ± 14.95	22.30 ± 13.27	29.50 ± 9.75
T ₆	33.68 ± 15.53	20.30 ± 7.87	28.71 ± 11.94	34.26 ± 10.12	22.42 ± 9.63	29.42 ± 11.67

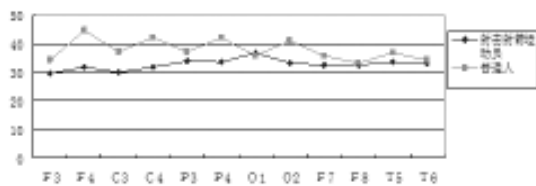


图2 射击射箭运动员与普通人各脑区 DA 激活水平的比较
Figure 2 Comparison between the DA Activation Levels of the Different Brain Areas of shooters, archers and Ordinary People

2.3 优秀组运动员与一般组运动员全脑神经递质激活水平比较

在62名射击、射箭运动员中, 我们把获得过当年全国冠军或现役国家队的运动员划为优秀组, 而其余的划为一般组, 将他们的神经递质激活水平全脑均值进行比较, 进行两独立样本检验后结果显示, 两者间的神经递质激活水平的全脑均值无显著性差异 (见表4)。



表4 优秀组与一般组全脑神经递质平均激活水平的比较

Table IV Comparison between the Activation Levels of the Neurotransmitters of the Different Brain Areas of the Elite and Ordinary Group Athletes

	N	INH	5-HT	ACh	DA	NE	EXC
优秀组	14	35.62 ± 6.87	18.86 ± 4.73	30.34 ± 4.42	34.65 ± 7.21	22.95 ± 8.19	24.58 ± 8.96
一般组	48	33.37 ± 7.52	20.93 ± 6.22	29.72 ± 6.74	32.01 ± 8.06	23.51 ± 5.52	27.56 ± 7.66

2.4 优秀组运动员与一般组运动员各脑区的各神经递质激活水平比较

将优秀组运动员各神经递质各脑区的激活水平与一般组的运动员比较,进行多独立样本检验后结果显示,INH在大脑的左侧额区(F₃)有显著性差异(P=0.045 < 0.05),优秀组高于一般组。5-HT在左侧后颞区(T₅)有显著性差异(P=0.015 < 0.05),优秀组低于一般组。ACh在左侧顶区(P₃)存在显著性差异(P=0.047 < 0.05),优秀组低于一般组。DA在右侧枕区(O₂)(P=0.044 < 0.05)存在显著差异,优秀组低于一般组。DA左侧后颞叶(T₅)存在显著性差异(P=0.01 < 0.05),优秀组高于一般组。NE在左侧顶区(P₃)存在显著性差异(P=0.04 < 0.05),优秀组高于一般组。EXE在右侧顶区(P₄)存在显著性差

异(P=0.035 < 0.05),优秀组低于一般组(见表5、表6,图3、图4、图5、图6、图7)。

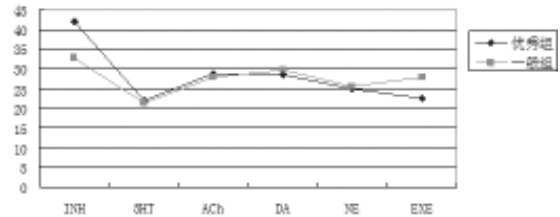


图3 左额区优秀组与一般组神经递质激活水平的比较
Figure 3 Comparison between the Activation Levels of the Neurotransmitters of the Left Frontal Part of the Elite and Ordinary Groups

表5 优秀组运动员各脑区各神经递质激活水平(N=14)

Table V Activation Levels of the Neurotransmitters of the Different Brain Areas of the Elite Group Athletes (N=14)

	INH	5-HT	ACh	DA	NE	EXE
F ₃	42.02 ± 14.99 ¹⁾	21.99 ± 9.48	28.88 ± 10.84	28.64 ± 13.81	24.89 ± 13.59	22.47 ± 15.09
F ₄	32.64 ± 12.36	17.01 ± 8.45	33.65 ± 12.88	36.71 ± 14.68	22.77 ± 12.16	27.58 ± 12.58
C ₃	37.83 ± 14.94	22.44 ± 13.69	28.14 ± 12.35	30.49 ± 14.11	25.99 ± 13.09	21.24 ± 12.54
C ₄	33.52 ± 10.44	20.57 ± 14.44	32.55 ± 9.92	36.79 ± 14.67	21.23 ± 12.94	25.50 ± 15.04
P ₃	33.23 ± 14.54	20.63 ± 11.68	23.82 ± 8.98 ¹⁾	29.21 ± 11.43	27.86 ± 11.60 ¹⁾	23.80 ± 15.03
P ₄	40.21 ± 14.09	18.41 ± 8.89	29.12 ± 8.58	33.74 ± 13.73	26.00 ± 13.32	19.15 ± 12.01 ¹⁾
O ₁	36.04 ± 10.91	16.91 ± 6.83	30.14 ± 12.82	38.72 ± 13.22	23.53 ± 13.53	23.30 ± 13.60
O ₂	36.26 ± 15.59	20.25 ± 11.83	30.02 ± 11.92	31.33 ± 13.00 ¹⁾	25.82 ± 13.32	22.88 ± 15.41
F ₇	30.47 ± 12.39	17.02 ± 5.90	32.47 ± 15.52	37.73 ± 13.43	17.36 ± 12.71	29.00 ± 11.23
F ₈	37.82 ± 17.36	19.30 ± 7.14	33.46 ± 11.37	32.63 ± 9.80	20.15 ± 9.92	23.48 ± 13.44
T ₃	34.03 ± 18.04	13.42 ± 5.95 ¹⁾	32.24 ± 9.51	44.05 ± 12.90 ¹⁾	16.88 ± 11.00	30.76 ± 17.56
T ₆	33.42 ± 16.07	16.33 ± 7.12	29.55 ± 11.95	35.81 ± 14.09	22.88 ± 17.28	25.78 ± 15.79

注:与一般组比较,1)表示P < 0.05

表6 一般组运动员各脑区各神经递质激活水平(N=48)

Table VI Activation Levels of the Neurotransmitters of the Different Brain Areas of the Ordinary Group Athletes (N=48)

	INH	5-HT	ACh	DA	NE	EXE
F ₃	32.70 ± 14.31	21.19 ± 9.75	27.80 ± 11.91	29.73 ± 11.65	25.49 ± 11.74	27.78 ± 14.90
F ₄	33.28 ± 13.39	22.74 ± 14.40	29.74 ± 12.57	30.19 ± 13.63	24.50 ± 12.06	26.99 ± 14.02
C ₃	33.01 ± 13.90	21.88 ± 13.61	29.95 ± 14.55	29.64 ± 14.11	24.70 ± 14.04	26.90 ± 13.33
C ₄	37.16 ± 14.40	21.39 ± 11.56	30.30 ± 11.54	30.28 ± 14.00	24.67 ± 11.04	22.95 ± 13.47
P ₃	31.73 ± 11.74	18.90 ± 10.44	32.03 ± 13.91	35.50 ± 14.81	20.59 ± 12.88	29.06 ± 14.65
P ₄	34.88 ± 16.62	19.91 ± 11.61	29.81 ± 10.32	33.29 ± 14.98	21.41 ± 9.04	29.49 ± 16.17
O ₁	31.91 ± 14.49	20.88 ± 14.10	30.78 ± 14.26	36.00 ± 17.49	22.38 ± 14.05	29.40 ± 14.29
O ₂	33.13 ± 16.06	20.61 ± 11.34	30.62 ± 13.67	33.56 ± 15.00	23.34 ± 13.42	26.99 ± 14.99
F ₇	36.06 ± 15.25	22.42 ± 12.76	32.47 ± 15.52	30.94 ± 15.44	24.69 ± 12.66	25.37 ± 14.80
F ₈	32.22 ± 15.51	19.82 ± 9.82	29.23 ± 12.76	32.25 ± 13.91	21.25 ± 11.63	30.60 ± 15.13
T ₃	34.96 ± 14.62	20.85 ± 11.99	28.20 ± 12.24	30.46 ± 13.90	24.55 ± 13.87	28.00 ± 14.41
T ₆	29.36 ± 11.57	20.62 ± 9.89	28.55 ± 11.05	32.31 ± 12.06	24.52 ± 12.18	27.13 ± 12.49

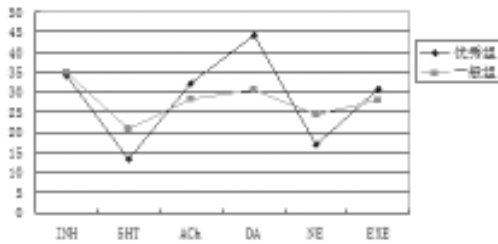


图4 左后颞区优秀组与一般组神经递质激活水平的比较

Figure 4 Comparison between the Activation Levels of the Neurotransmitters of the Left Posterior Temporal Area of the Elite and Ordinary Groups

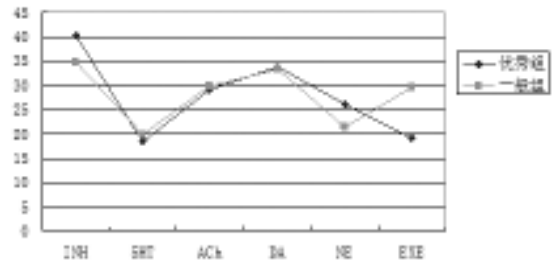


图6 右顶区优秀组与一般组神经递质激活水平的比较

Figure 6 Comparison between the Activation Levels of the Neurotransmitters of the Right Parietal Region of the Elite and Ordinary Groups

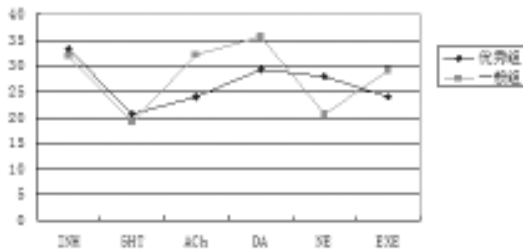


图5 左顶区优秀组与一般组神经递质激活水平的比较

Figure 5 Comparison between the Activation Levels of the Neurotransmitters of the Left Parietal Region of the Elite and Ordinary Groups

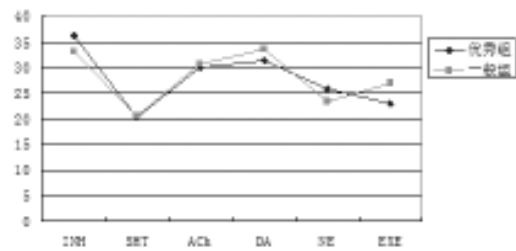


图7 右枕区优秀组与一般组神经递质激活水平的比较

Figure 7 Comparison between the Activation Levels of the Neurotransmitters of the Right Occipital Area of the Elite and Ordinary Groups

2.5 不同项目运动员全脑神经递质平均激活水平的比较

分别将步枪、飞碟、手枪、移动靶及射箭项目运动员

的全脑神经递质平均激活水平进行了, 进行多独立样本检验后发现各项目间均无显著性差异 (见表7)。

表7 不同项目运动员全脑神经递质平均激活水平的比较

Table VII Comparison between the Average Activation Levels of the Neurotransmitters of the Whole-Brain of the Athletes of Different Sport

	N	INH	5-HT	ACh	DA	NE	EXE
步枪	16	32.00 ± 8.46	18.30 ± 5.02	31.93 ± 6.57	36.21 ± 9.09	22.81 ± 7.41	27.02 ± 8.96
飞碟	12	37.27 ± 5.05	21.91 ± 5.68	27.49 ± 2.66	30.66 ± 6.03	25.70 ± 5.00	24.29 ± 5.55
手枪	11	34.47 ± 7.01	22.96 ± 4.92	29.35 ± 5.50	30.14 ± 7.17	23.43 ± 5.34	25.17 ± 6.59
移动靶	8	34.85 ± 7.03	20.32 ± 5.65	30.62 ± 5.06	33.32 ± 7.62	23.79 ± 8.1	26.27 ± 9.52
射箭	15	32.21 ± 7.96	19.87 ± 7.48	29.51 ± 8.63	31.76 ± 8.06	21.87 ± 5.69	30.41 ± 8.38

2.6 不同项目运动员各脑区各神经递质平均激活水平的比较

分别将步枪、飞碟、手枪、移动靶及射箭项目运动员的各脑区各神经递质激活水平进行了, 进行多独立样本检验后发现, INH 在右顶区 (P₄) 有非常显著性差异 (P=0.007 < 0.01), 5-HT 在右顶区 (P₄) 有显著性差异 (P=0.041 < 0.05), 在左后颞区 (T₅) 有非常显著性差异 (P=0.003 < 0.01)。NE 在右枕区 (O₂) 有显著性差异 (P=0.028 < 0.05)。EXE 在右顶区 (P₄) 有非常显著性差异 (P=0.007 < 0.01), 在右后颞区 (T₆) 有显著性差异 (P=0.042 < 0.05)。再进行两个独立样本检验后发现, 步枪运动员右顶区 (P₄) 的INH 值分别与飞碟运动员存在显著差异 (P=0.029 < 0.05), 与手枪运动员存在非常显著性差异 (P=0.001 < 0.01)。手枪运动员右顶区 (P₄) 的INH 值与射箭运动员的也存在显著性差异 (P=0.008 < 0.01)。步枪运动员右顶区 (P₄) 的5-HT 与手枪运动员的存在非常显著性差异 (P=0.003 < 0.01), 并与射箭运动员存在显著性差异 (P=0.048 < 0.05)。步枪运动员左颞区 (T₅) 的5-HT 的值分别与

手枪运动员的 (P=0.001 < 0.01) 及移动靶运动员的 (P=0.004 < 0.01) 存在非常显著性差异, 并分别与飞碟运动员的 (P=0.048 < 0.05) 及射箭运动员的 (P=0.03 < 0.05) 存在显著性差异。飞碟运动员右枕区 (O₂) NE 的值分别与步枪运动员的 (P=0.015 < 0.05) 及移动靶运动员的 (P=0.031 < 0.05) 存在显著性差异, 与射箭运动员的 (P=0.003 < 0.01) 存在非常显著性差异。射箭运动员右颞区的 (T₆) 的EXE 的值分别与步枪运动员的 (P=0.004 < 0.01) 存在非常显著性差异, 与手枪运动员的 (P=0.036 < 0.05) 存在显著性差异。手枪运动员右顶区 (P₄) 的EXE 值分别与步枪运动员的 (P=0.002 < 0.01) 及射箭运动员的 (P=0.004 < 0.01) 存在非常显著性差异。与移动靶运动员 (P=0.026 < 0.05) 存在显著性差异。飞碟运动员右顶区 (P₄) 的EXE 值与射箭运动员的 (P=0.041 < 0.05) 存在显著性差异 (见表8)。



表8 不同项目运动员不同脑区各神经递质激活水平的比较

Table VIII Comparison between the Activation Level of the Neurotransmitters of the Different Brain Areas of the Different Sport Athletes

	N	P ₄			T ₅	T ₆	O ₂
		INH	5-HT	EXC	5-HT	EXC	NE
步枪	16	27.90 ± 13.68	14.76 ± 6.42	32.76 ± 16.44 ^{###}	11.86 ± 5.69	21.21 ± 13.97 ^{★★}	21.12 ± 12.20 [▲]
飞碟	12	40.61 ± 15.30 [*]	20.42 ± 12.83	21.29 ± 12.98 [*]	18.86 ± 8.56 [*]	28.66 ± 12.36	34.86 ± 12.93
手枪	11	49.26 ± 15.46 ^{**}	24.89 ± 10.73 ^{**}	14.78 ± 11.60	23.73 ± 9.50 ^{**}	24.34 ± 11.45 [*]	24.47 ± 13.17
移动靶	8	37.80 ± 10.51	15.36 ± 9.18	28.62 ± 11.62 [#]	22.12 ± 10.29 ^{**}	23.27 ± 14.51	22.12 ± 12.76 [▲]
射箭	15	30.61 ± 16.09 [#]	22.38 ± 12.73 [*]	34.14 ± 16.43 ^{###}	22.31 ± 15.99 [*]	35.05 ± 10.27	18.61 ± 11.58 ^{▲▲}

注：1. 与步枪比，*表示P<0.05，**表示P<0.01；2. 与手枪比，#表示P<0.05，##表示P<0.01；3. 与飞碟比，▲表示P<0.05，▲▲表示P<0.01；4. 与射箭比，★表示P<0.05，★★表示P<0.01。

3 分析与讨论

中枢神经递质不仅与人的感觉、知觉、疼痛、情绪、学习和记忆等心理活动有关，而且对中枢神经系统所控制和调节的各种功能活动，如睡眠和觉醒以及饮水和摄食等行为活动有密切的关系。所以，开展对中枢神经递质的研究，为研究和揭示运动员的心理活动的生理机制以及研究各种因素对他们的心理活动的影响开辟了新的前景。SET技术可以在完全自然、无损伤的情况下，反映了大脑及各脑区的神经递质激活程度。梅磊教授在测试了正常年轻人、医务工作者及航天实验员等人群后发现，正常人闭眼安静状态下，全脑平均的DA激活率高，5-HT激活率低，ACh为激活率高，NE激活率低，INH与EXC处于平衡状态。多数人闭眼时抑制递质略高于兴奋递质。此外，在SET中对众所周知的DA与5-HT、ACh与αα及INH与EXC之间存在拮抗关系也可以整合显示，所得图形（如图1）似飞鸟之主体及两翼，梅磊教授称之为“飞鸟图”，可以此可作为一般人员的参数标准。

在本研究中，无论是对照组的普通人，还是射击、射箭运动员，他们全脑各神经递质的平均激活水平，均呈现“飞鸟”图形。与普通人相比，运动员的全脑多巴胺（DA）的平均激活水平低于普通人，两者之间存在非常显著性差异。具体到各脑区，这种差异主要存在于右侧额区（F₄）、右侧运动区（C₄）及右侧顶区（P₄），在这些脑区中，普通人的值均高于运动员。众多实验已证明，DA与躯体运动功能密切相关。中枢多巴胺系统，尤其是黑质-纹状体束，在躯体运动中具有举足轻重的地位。该系统的兴奋，可引起好奇、探究、运动增多等反应；而该系统的抑制，则会导致运动减少甚至生命活动受阻。此外，它还影响着人类的情绪与行为，调节着丘脑-垂体内分泌功能及心血管活动^[16]。但还有研究还发现，DA活性的不对称将导致运动的不对称^[17]。如动物实验发现，向大鼠的单侧脑室内注射去水吗啡，可使大鼠的头部转向对侧。这就是说，DA的不均匀分布，或者DA活性的不均匀，会导致动物运动的方向不对称性。还有实验表明，单侧的多巴胺神经元被损毁（注射神经毒素6-羟基多巴胺，即6-OHDA）后再注射苯丙胺，可促使未受损的一侧释放DA，表现为大鼠向损伤侧旋转。因此，在本研究中，虽然普通人右侧脑区的DA激活水平高于射击、射箭运动员，但从图1中，

我们可以发现，运动员左、右对称脑区的DA激活水平相近，而普通人则表现出左高、右低的不对称性。此外，由于DA与大脑的兴奋性有关，甚至有研究者认为它与性格有关^[18]，而射击、射箭运动员的DA激活值低于普通人，也可能表明运动员有着更好地抑制兴奋的特点，这可能也是他们的运动性质决定的。

在优秀的射击、射箭运动员与一般的射击、射箭运动员的比较中，我们发现，这两组的全脑神经递质的平均激活水平无显著性差异，而对各脑区各递质的激活水平的对比分析发现，INH在大脑的左侧额区（F₃）、5-HT在左侧后额区（F₅）ACh在左侧顶区（P₃）、DA在右侧枕区（O₂）及左侧后颞叶（T₅）存在显著性差异NE在左侧顶区（P₃）、EXE在右侧顶区（P₄）均存在显著性差异。从中我们可以看出，两组间数据的差异主要分布在左侧脑区。这说明对运动员的训练，左侧脑区功能的训练可能很有意义。这是否意味着在平时运动的训练内容和方式应加强左侧大脑功能的训练呢？这还需要我们进一步地研究。此外，目前认为，递质之间的相互作用及其平衡关系似乎比简单的递质数量更为重要。神经递质系统的作用犹如一张网，任何一个地方断裂将会影响整个网的形状^[19]。在本研究中，优秀运动员组的DA在左侧额区（T₅）有最大值，一般组在该区效应低。而优秀组在该区的5-HT值最小，与DA效应呈拮抗趋势。一般组此区并非最小值。左侧额区（包含左侧海马区）DA的活跃可能与活动效率有关^[19]。同时T₅区在视觉功能上有特殊的意义，它反应对固定图像的分析能力^[20]。因此，这对射击、射箭在目标搜索中可能有重要意义。

而对于不同项目运动员的全脑神经递质平均激活水平的对比分析发现，各项目的不同神经递质间均无显著性差异。而对各脑区各递质的对比分析发现，INH、5-HT、EXE、αα的激活水平在右侧顶区（P₄）、左、右额区（T₅和T₆）、右枕区（O₂），不同项目间存在显著性差异。而大脑的顶区、颞区及枕区均参与人们的视觉信息的加工，他们与对视觉刺激的空间位置、运动信息及客体的形状、颜色、大小及质地等等信息的加工有关^[20]。在射击、射箭的技术动作中，“瞄”是一个关键的技术环节，也许正是由于长期的专项训练，使他们的中枢递质表现出专项特点。



4 结论

4.1 与普通人相比, 射击、射箭运动员的全脑多巴胺 (DA) 的平均激活水平低于普通人, 两者之间存在非常显著性差异。具体到各脑区, 这种差异主要存在于右侧的额区、运动区及右侧顶区。在这些脑区中, 普通人的值均高于运动员。

4.2 优秀的射击、射箭运动员与一般的射击、射箭运动员相比, 他们的全脑各神经递质的平均激活水平无显著性差异。而对各脑区各递质的激活水平的对比分析发现, INH 在大脑的左侧额区、5-HT 在左侧后颞区、ACh 在左侧顶区、DA 在右侧枕区及左侧后颞叶均存在显著性差异, NE 在左侧顶区、EXE 在右侧顶区均存在显著性差异。

4.3 对步枪、飞碟、手枪、移动靶及射箭 5 个项目运动员的全脑神经递质平均激活水平的对比分析发现, 各项目的不同神经递质间均无显著性差异。而对各脑区各递质的对比分析发现, INH、5-HT、EXE、NE 的激活水平在右侧顶区、左、右颞区、右枕区, 不同项目间存在显著性差异。

参考文献:

- [1] 梅 磊. ET- 脑功能研究新技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995: 199-225.
- [2] 梅 磊. 解码脑波—SET: 发现隐藏着的量子化世界[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2008: 1-33.
- [3] 张理义, 徐志雄. 脑电超慢涨落图技术在心理疾病中的应用[J]. 中国行为医学科学, 2006, 15 (6): 569-570.
- [4] 刘昌, 李德明, 梅磊. 成人脑涨落图年龄变化特点的研究[J]. 心理学报, 1996, 28 (3): 307-313.
- [5] 沃建中, 林崇德, 曹河圻等. 6~12 岁儿童脑波功率涨落特点与信息加工速度的关系[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2001, 37 (1): 118-125.
- [6] 梅磊, 刘月红, 曲战胜. 记忆状态下脑波超慢涨落图分析[J]. 航天医学与航天工程, 1989, 2 (3): 157-163.
- [7] 李德明, 刘昌, 梅磊. 与年龄及认知功能相关的成人脑波功率涨落图特点[J]. 心理学报, 1996, 28 (4): 405-411.
- [8] 沃建中, 林崇德, 曹河圻等. 6~12 岁儿童脑波功率涨落特点与信息加工速度的关系[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2001, 37 (1): 118-125.
- [9] 沃建中, 林崇德, 刘军. 6~12 岁儿童脑波超慢涨落功率与计算速度的关系[J]. 心理学报, 2001, 33(6): 526-531.
- [10] 沃建中, 刘慧娟, 林崇德. 记忆状态下儿童青少年脑波超慢涨落特点的研究[J]. 心理科学, 2002, 25 (3): 286-289.
- [11] 潘昱, 沃建中, 林崇德. 13~18 岁青少年表象能力的发展和脑电 α 波的关系[J]. 心理发展与教育, 2001, 4: 6-11.
- [12] 李会杰, 刘涵慧, 沃建中. 图形推理的脑波超慢涨落研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2006, 42 (3): 305-309.
- [13] 魏高峡, 梁承谋, 李佑发等. 优秀游泳运动员赛前心理状态的脑功能特征研究[J]. 体育科学, 2005, 25 (10): 41-46.
- [14] 南开, 庞俊华. 初探优秀射箭运动员脑波涨落图特征[J]. 生物医学工程学杂志, 2007, 24 (4): 760-763.
- [15] 王晓军. 短期强度负荷对射击运动员脑神经递质的影响[J]. 体育科技, 2008, 29 (3): 66-67.
- [16] 王学铭. 精神与精神病的生物化学[J]. 人民卫生出版社, 2002: 155-159.
- [17] 刘昀. 纹状体中神经元活动的多巴胺调节[J]. 中国药理学通报, 2003, 19(1): 5-8.
- [18] 埃里克·布雷弗曼著, 叶建新译. 大脑边缘风暴[M]. 民主与建设出版社, 2006: 87-115.
- [19] Mark.F.B, Barry.W.C.等. 神经元活动科学——探索脑[M]. 高等教育出版社, 2004: 296-330.
- [20] 于晓雅. 视觉运动知觉脑机制研究现状[J]. 北京教育学院学报(自然科学版), 2008, 3(5): 4-9.

(责任编辑: 何聪)