



优秀射箭运动员倒立训练后脑电非线性参数及脑功能变化特征的研究

The Impact of Handstand Training on the Nonlinear Parameters of EEG and Brain Function about Excellent Archers

王 霆^{1,2}, 李建英¹, 石 岩¹, 王德堃³

WANG Ting^{1,2}, LI Jian-ying¹, SHI Yan¹, WANG De-kun³

摘 要:通过对 24 名优秀射箭运动员倒立状态前、后脑电非线性参数进行分析,将倒立状态下运动员大脑功能及心理状态出现的各种变化进行对比研究,探讨从事专业训练的优秀射箭运动员中枢机能改善问题。当运动员进行 5 min 倒立训练后,坐姿恢复双侧枕区的 α 频段导频百分比与倒立体位下有显著性差异;复杂度和近似熵两个脑电非线性参数以及 6 种全脑中枢神经递质与坐姿恢复状态的表现均有显著性差异($P < 0.05$)。8 周倒立训练后运动员脑电复杂度、近似熵、抑制介质(INH)、5 羟色氨(5-HT)、多巴胺(DA)、去甲肾上腺素(NE)、兴奋介质(EXC)、SCL-90 总分均与倒立训练前有显著变化($P < 0.05$)。研究表明:1) 两种倒立时间的对比可以看出 3 min 倒立训练的刺激效果并不明显,而在 5 min 倒立训练中,坐姿初始状态与坐姿恢复状态的部分脑电非线性参数与全脑神经递质指标出现显著变化。2) 倒立状态持续 5 min 后,体位变化刺激使枕区的 α 频段导频百分比显著增高,脑电非线性参数与全脑中枢神经递质指标出现显著变化。这可以看做是由于体位和脑血流速度变化而产生的良性改变。3) 8 周的倒立训练可以使全脑神经递质中的 5 羟色氨、多巴胺显著增加,SCL-90 总分显著降低。实验结果表明,对优秀射箭运动员进行定期、定量的倒立训练对缓解其负荷训练后产生的不良情绪、不适症状作用明显;同时,随着倒立训练时间的延长,对改善运动员睡眠的有利效应更为明显。

关键词:射箭;优秀运动员;倒立训练;脑电非线性参数;脑功能;脑电超慢涨落技术

Abstract: The research is aimed at discussing the recovery of athletes' central nerves in shooting and archery events, which is based on the theories and methods on various changes of human body in handstand position. 24 excellent archery athletes who are still in training are tested in the research. The following conclusions are drawn from the real time testing of EEG of 24 archery athletes in handstand training with different durations; there is a significant difference of the percentage of PCF on α band in bilateral occipital region between the position of normal state and handstand after 5 min handstand training. And two nonlinear parameters of EEG -the approximate entropy and Lempel-Ziv complexity, and six neurotransmitters of whole brain are also greatly different from the performance in the state recovered from the training ($P < 0.05$). The approximate entropy and Lempel-Ziv complexity of EEG, INH, 5-HT, DA, NE, EXC, total score of SCL-90 also changed significantly, compared to that of the archery athletes before the handstand training 8 weeks ago. The research indicates that 1) the stimulation of 3 min handstand training is not obvious. While in the 5 min training, there is a striking change on part of Nonlinear Parameters of EEG and index of neurotransmitters of whole brain between the original state and recovery state from the training. 2) after 5 min handstand training, because of different body positions, the percentage of PCF on α band at occipital increased dramatically, and the nonlinear parameters of EEG as well as the index of neurotransmitters of whole brain changed significantly, which could be treated as the positive changes caused by different body positions and CBFV (cerebral blood flow velocity). 3) eight-week-handstand training could increase 5-HT and DA greatly, and decrease total score of SCL-90 remarkably in neurotransmitters of whole brain, which show that handstand training could ease the negative mood, relieve symptoms and improve sleeping quality. Those favorable effects will be more obvious with extension of the handstand training time.

Key words: archers; elite athlete; handstand training; nonlinear parameters of EEG; brain function; SET

中图分类号:G804.8 文献标识码:A

1 前言

当人体处于直立位时,血液向足部的静脉流动充盈,颈部静脉由于血液向下流动则会出现塌陷,因此在生理上会表现出头部血管压力小于下肢血管压力^[22]。因此,有研究者曾提出可以用倒立(呈 -90° 的头低位倾斜)运动来进行健身。 -90° 头低位倾斜又称倒立,俗称“拿大顶”,汉代称“倒植”,东晋称“逆行”,唐代称“掷倒”,明代称“竖蜻蜓”……,它也是目前西方瑜伽术的一个最终姿势。李志宏等人(2002)对经常进行手倒立练习的38名患有高血压症的40~60岁中老年知识分子跟踪研究发现,他们的每搏(SV)和心输出量(CO)相对增多,而总外围阻力(TPR)、平均动脉压(MAP)以及脉率(PR)3个指标则呈下降趋势。因此,研究人员认为倒立训练的降压作用是安全有效的。国外也有研究显示,人体在地球的重力环境中如果发生体位的变换,将会使血液分布重新分配,这种负荷变化是对心血管系统的一种外部刺激,会引发一系列神经和血液功能的调节机制^[28-30]。目前,对倒立训练的研究还不多见,较多的是对头低位倾斜训练的探讨,而倒立训练是头低位倾斜训练中最为特殊和极限的一种。由于人体结构的复杂性和整体性,头低位训练中体位变化导致的机体功能变化机制在学术界暂时还没有定论。同时,因为训练所产生刺激的持续时间和倾斜角度的不同,对人体各系统功能,尤其是大脑产生的影响也不尽相同^[4,23,26,29]。

许多研究已经证实了脑电信号在反映人的生理状态及大脑高级功能状态^[24,27]。现代脑电图技术可以通过对脑电波(EEG)的频率进行分析后,评估受试者当前的中枢机能水平,而脑电波(EEG)的 α 波(8~14 Hz)在大脑中枢机能水平诊断体系中是非常重要的指标参数之一^[5,7]。目前,针对运动员中枢神经机能评定的方法主要有两种,主观评定法和客观评定法^[32]。主观评定法主要是通过纸笔形式的问卷调查,对运动员的自身身体、神经机能感受及症状等主观信息进行搜集和分析,从而评估运动员中枢机能状态。其优点在于快速、易操作以及可大量测试,但其缺点在于评分标准不易统一、且易受被试者的主观因素影响,因此,在对运动员中枢机能水平下降时的心理、生理状态的评定不能做到客观准确。而客观评定法就是通过仪器、设备等测量工具对运动员的生理、生化指标进行测试,对所测得数据进行综合分析,评定运动员中枢机能水平^[2,3]。近年来,对射箭运动员大脑机能的研究主要集中在脑电图及其衍生技术方面,同时结合一些量表及问卷调查方面的测试评价及监控方法^[8-13]。以往的研究表明,脑电频段中 α 频段波形具有 $1/f$ 波动的非线性特征,即脑电

α 频段功率谱密度与频率近似成反比,同时,此特征可能与大脑中枢机能甚至某些心理状态有关。因此,对高水平运动员脑电波的非线性特点进行分析,可以作为对其中枢神经机能状态的判定与评估参考。我国航天医学研究所梅磊教授(1989)提出通过从脑波非平衡涨落过程中所提取的深层次信息,开发出新的脑电评估技术,即脑电超慢涨落图技术(SET),将脑电波中频率在毫赫兹级的超慢涨落波对应不同神经化学递质的活动水平。目前,SET技术在航空航天医学、生理心理学及运动训练学等领域开展了广泛的研究与应用^[1,15,17,19-21]。脑电超慢涨落参数包括两部分:一方面是全脑S谱系分布;另一方面,是全脑神经递质分布,其中,全脑神经递质主要包括抑制介质(INH)、5羟色氨(5-HT)、乙酰胆碱(Ach)、多巴胺(DA)、去甲肾上腺素(NE)、兴奋介质(EXC)6种。本研究中神经递质指标的选取完全参照梅磊教授所提出的脑电超慢涨落参数为标准。

本研究的主要目的是引入头低位倾斜和倒立状态下人体出现的各种变化的研究理论与方法,以非线性动力学与混沌理论为基础,对优秀射箭运动员脑电 α 波时间序列进行提取计算,得出最大李雅普诺夫指数、近似熵、复杂度3个非线性参数,结合脑电超慢涨落参数在倒立状态下的变化特点,来探讨竞技体育射箭项目中优秀运动员中枢机能康复问题,探索射箭运动员进行倒立训练后对大脑中枢机能主要是脑电活动的影响,为倒立训练的康复作用寻求实验数据的支持,探索倒立的物理刺激与其大脑机能之间的关系。

2 研究方法

2.1 被试

收稿日期:2013-06-14; 修订日期:2013-12-20

基金项目:国家体育总局国家队科研综合攻关项目(2013A014)。

作者简介:王霆(1980-),男,山西晋中人,助理研究员,硕士,在读博士研究生,研究方向为运动心理学与脑电图应用, E-mail: wangting430@163.com;李建英(1959-),男,河北唐山人,教授,博士,博士研究生导师,研究方向为体育教育训练学, E-mail: ljiy1959@163.com;石岩(1966-),男,山西汾阳人,教授,博士,博士研究生导师,研究方向为体育心理学与运动训练学, E-mail: tyshiyang@163.com;王德堃(1935-),女,辽宁铁岭人,主任医师,研究方向为神经生理学及临床脑电图应用, E-mail: w_dk@sinacn.com。

作者单位:1. 山西大学 体育学院,山西 太原 030006;2. 山西省体育科学研究所,山西 太原 030012;3. 山西省中医药研究院,山西 太原 030012

1. College of Physical Education, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. Shanxi Institute of Sport Science, Taiyuan 030012, China; 3. Shanxi Provincial Institute of Traditional Chinese Medicine, Taiyuan 030012, China.

被试运动员主要由国家射箭集训队部分运动员与山西省射箭队备战全运会的一线运动员组成,测试期间无任何疾病与服药记录(表 1)。为了使实验所受干扰程度最低,在实验进行之前对所有参与测试的射箭运动员进行前期的血压与心电图等方面的医学检测。结果显示,24 名被试运动员身体状况良好,均未发现有异常状况出现。

表 1 本研究被试一般情况一览表
Table 1 The Athletes' General Information

	年龄(岁)	训练年限(年)	运动等级		
			健将	一级	二级
男	21.36±4.84	5.44±2.93	6	3	3
女	20.58±4.65	5.32±2.71	6	2	4

2.2 实验仪器

本实验所采用脑电信号采集设备为国产 NDC-2000 脑电地形图仪及其前置放大器(北京太阳电子科技有限公司),前置放大器的采样频率带宽为 0.02~50 Hz,测试设备数据采集频率为 128 Hz。脑电采样使用的鞍状电极安装采用国际脑电图学会标准安装法,电极通过专用头套分别固定在被试运动员大脑的左右额区、顶区、枕区、颞区 8 个位置。由于额区(F3、F4)、中颞区(T3、T4)、顶区(P3、P4)、枕区(O1、O2)基本涵盖了全脑脑电信号的范围,同时,这 8 个位置的脑电波分布具有典型性,因此,本实验中对这 8 个位置的脑电信号进行数据收集。倒立辅助设备为山西澳瑞特健康产业股份有限公司生产的 JS-2602 电动倒立器。

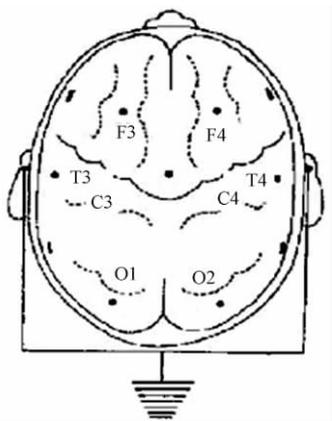


图 1 本研究脑电图测试采样部位示意图

Figure 1. The Area of Electroencephalogram Sample Test

2.3 实验实施过程

第 1 次测试:将采集 5 min 闭目坐姿安静状态、3 min 倒立安静状态以及 5 min 坐姿闭目安静恢复状态下 EEG 数据。第 2 次测试:将采集 5 min 闭目坐姿安静状态、5 min 倒立安静状态以及 5 min 坐姿闭目安静恢复状态下 EEG 数据。

测试结束后,选择对脑电指标影响最高的倒立时间,

对运动员实施 8 周倒立训练。倒立训练选择在每周 5 个训练日 10 堂训练课的间歇进行。对被试在倒立训练前 1 周、倒立训练后第 4 周、倒立训练后第 8 周进行脑电综合测试与心理学指标(症状自评量表 SCL-90、焦虑自评量表 SAS、匹兹堡睡眠质量指数 PSQI)的测评。

2.4 数理统计

采用 SPSS 12.0 软件统计包对实验结果数据进行统计与分析处理。数据格式为平均数±标准差($\bar{X} \pm SD$),并进行 *t* 检验。

3 实验结果

3.1 倒立训练对射箭运动员脑电 α 频段导频百分比的影响

3 min 倒立训练中运动员 F3、F4、T3、T4、P3、P4、O1、O2 位置的 α 频段导频百分比与坐姿恢复状态差异不显著($P > 0.05$,表 2)。

表 2 本研究射箭运动员倒立训练 3 min 后与坐姿状态下 α 频段导频百分比的比较一览表

Table 2 Comparison between Percentages of Sitting State α -Band Pilot and 3 min after Handstand Training(%)

	坐姿初始	3 min 倒立	坐姿恢复
F3	33.24±22.78	32.16±23.47	41.22±13.47
F4	38.36±25.06	36.56±24.56	49.19±14.31
T3	49.95±26.07	47.69±24.77	58.29±24.37
T4	50.45±23.13	48.43±23.63	59.57±23.66
P3	67.07±24.53	62.27±23.25	69.75±22.31
P4	67.99±22.51	61.29±22.33	70.21±22.81
O1	73.11±35.66	71.31±34.49	74.36±33.39
O2	74.19±31.74	70.54±33.15	75.66±33.65

3.2 倒立训练对射箭运动员脑电 α 频段功率值的影响

在 5 min 倒立训练中,运动员表现为 F3、F4、T3、T4、P3、P4 位置的 α 频段导频百分比与坐姿恢复状态无显著性差异($P > 0.05$),而 O1、O2 位置的差异性显著($P < 0.05$,表 3)。

表 3 本研究射箭运动员倒立训练 5 min 后与坐姿状态下 α 频段导频百分比的比较一览表

Table 3 Comparison between Percentages of Sitting State α -Band Pilot and 5 min after Handstand Training(%)

	坐姿初始	5 min 倒立	坐姿恢复
F3	39.26±25.89	24.42±18.55	31.83±31.21
F4	37.19±24.13	22.26±19.23	32.46±34.11
T3	36.34±23.73	30.24±23.07	39.88±22.82
T4	37.71±27.56	33.39±26.48	40.76±17.54
P3	62.58±27.88	45.62±24.23	59.23±24.12
P4	60.44±26.71	44.39±24.11	58.46±24.77
O1	70.47±27.22	52.34±14.87	74.57±24.29 [△]
O2	71.99±29.31	53.57±14.65	74.18±26.61 [△]

注:△表示与 5 min 倒立状态比较 $P < 0.05$ 。

3.3 倒立训练对射箭运动员脑电非线性参数的影响

3 min 倒立训练中运动员脑电非线性参数与坐姿恢复状态相比没有显著性差异($P>0.05$,表 4);当运动员进行 5 min 倒立训练时,这种差异在复杂度和近似熵 2 个指标上更为显著($P<0.05$,表 5)。

表 4 本研究射箭运动员倒立训练 3 min 后与坐姿状态下脑电非线性特征参数 F 检验结果一览表

Table 4 The F Test Results of EEG Nonlinear Characteristic Parameters after Sitting State and 3 min after Handstand Training

	坐姿初始	3 min 倒立	坐姿恢复
最大李雅普诺夫指数	0.476±0.069	0.415±0.082	0.501±0.078
复杂度	0.696±0.099	0.645±0.091	0.663±0.107
近似熵	0.192±0.077	0.154±0.112	0.208±0.089

表 5 本研究射箭运动员倒立训练 5 min 后与坐姿状态下脑电非线性特征参数 F 检验结果一览表

Table 5 The F Test Results of EEG Nonlinear Characteristic Parameters after Sitting State and 5 min after Handstand Training

	坐姿初始	5 min 倒立	坐姿恢复
最大李雅普诺夫指数	0.517±0.083	0.312±0.108	0.603±0.079
复杂度	0.687±0.093	0.430±0.129	0.861±0.158*△
近似熵	0.173±0.072	0.052±0.082	0.294±0.110*△

注: *表示与坐姿初始状态比较 $P<0.05$,△表示与 5 min 倒立状态比较 $P<0.05$ 。

3.4 倒立训练对运动员全脑中神经递质指标的影响

3 min 倒立训练中运动员多巴胺和坐姿恢复状态相比有显著性差异($P<0.05$,表 6);当运动员进行 5 min 倒立训练时,6 种全脑中神经递质与坐姿恢复状态的表现均有显著性差异($P<0.05$,表 7)。

表 6 本研究射箭运动员倒立训练 3 min 后与坐姿状态下全脑中神经递质的比较一览表

Table 6 Comparison between Whole Brain Neurotransmitters of Sitting State and 3 min after Handstand Training

	坐姿初始	3 min 倒立	坐姿恢复
INH	0.44±15.72	7.88±11.27	4.58±12.55
5-HT	-13.61±16.83	-22.15±23.25	-10.33±17.92
Ach	18.37±10.01	12.88±9.73	23.89±8.74
DA	13.52±11.66	10.41±12.67	26.03±17.29*△
NE	-11.96±15.49	10.11±13.19	-19.44±23.18
EXC	10.18±14.53	18.08±16.62	16.03±18.21

注: *表示与坐姿初始状态比较 $P<0.05$,△表示与 3 min 倒立状态比较 $P<0.05$ 。

3.5 倒立训练 8 周对射箭运动员脑电非线性参数与心理指标的影响

8 周倒立训练后运动员脑电非线性特征参数、全脑中神经递质指标与心理指标(除最大李雅普诺夫指数、Ach、PSQI 得分和 SAS 得分外)均与倒立训练前相比有显著变化($P<0.05$,表 8)。

表 7 本研究射箭运动员倒立训练 5 min 后与坐姿状态下全脑中神经递质的比较一览表

Table 7 Comparison between Whole Brain Neurotransmitters of Sitting State and 5 min after Handstand Training

	坐姿初始	5 min 倒立	坐姿恢复
INH	6.88±11.31	-11.68±13.47	35.68±25.12*△
5-HT	-15.52±13.74	-17.47±12.65	17.25±17.62*△
Ach	16.59±17.33	8.19±9.18	34.46±25.69*△
DA	9.02±10.49	-20.42±23.32	32.19±25.59*△
NE	0.27±7.11	22.88±26.7	-13.07±15.37*△
EXC	9.18±15.81	15.44±12.2	-7.32±6.18*△

注: *表示与坐姿初始状态比较 $P<0.05$,△表示与 5 min 倒立状态比较 $P<0.05$ 。

表 8 本研究射箭运动员倒立训练 8 周脑电非线性特征参数与心理指标变化一览表

Table 8 Change of EEG Nonlinear Characteristic Parameters and Psychological Indexes after 8 Weeks of Handstand Training

	倒立训练前 1 周	倒立训练后 4 周	倒立训练后 8 周
最大李雅普诺夫指数	0.549±0.074	0.515±0.088	0.493±0.122
复杂度	0.602±0.127	0.628±0.149	0.752±0.161*
近似熵	0.204±0.093	0.259±0.097	0.291±0.112*
INH	-15.15±18.17	14.16±19.44	20.43±25.95*
5-HT	-21.16±14.19	-17.43±28.37	7.92±16.06*
Ach	-1.07±19.88	4.66±8.53	14.23±18.61
DA	-7.29±18.43	23.42±33.31	27.09±22.59*
NE	6.54±24.08	-15.36±16.17	-19.29±25.88*
EXC	31.51±20.54	25.11±22.51	-17.21±20.56*
PSQI 得分	6.49±2.74	5.69±2.39	5.17±2.46
SAS 得分	30.37±6.27	29.86±5.68	27.27±6.14
SCL-90 总分	71.44±24.93	54.39±26.73*	49.71±23.84*

注:与倒立训练前比较,*表示 $P<0.05$ 。

4 讨论

现代神经科学研究已经证明,人脑是一个典型的混沌态系统,脑电信号所具有的复杂性主要是在其随机程度上所体现,如一段脑电序列越复杂,这段脑电序列所携带的信息量就越大。从神经电生理学的相关文献中可以发现,脑电信号序列的复杂度可以反映出在测试阶段大脑神经元对外界信息处理的有序程度。最大李雅普诺夫指数能够定量地描述脑电信号序列数据在相空间中相邻轨道的平均发散速率,通过这一指标可以判断大脑中枢神经系统是否处于混沌状态。近似熵则是一种能够反映脑电信号在相空间中混沌运动的重要量化指标,系当相空间维数增加时,脑电信号的时间序列产生新模式可能性的大小。与最大李雅普诺夫指数和近似熵 2 个参数不同,Lempel-Ziv 复杂度是反映脑电信号的时间序列随其数据长度的增长而出现新的组成模式的速率。在以往对射箭运动员中枢疲劳的研究中发现,射箭运动员的脑电最大李雅普诺夫指数、近似熵和 Lempel-Ziv 复杂度 3 个脑电非线性特征参数与其中枢神经疲劳程度之间具有一定相关关系,存在统计学意义,对于评估与诊断高水平射箭运动员中枢神经系统

疲劳程度是一种有效的方法,3 个参数也可作为评估其大脑功能的定性指标^[18]。

4.1 不同时间倒立训练中脑电指标变化规律

以往研究发现,在 -80° 头低位倾斜状态,舒张压力和减少脉搏压力有一个显著的梯度增加。这种升压反应很有可能是因颅内血压的紧张或低氧血症引起的^[31]。本研究结果显示,在坐姿初始状态与 3 min 内倒立训练之间的转换使脑电指标变化开始出现差异,即运动员 α 频段百分比呈现下降趋势;脑电非线性参数都有不同程度的下降;而 6 种全脑中神经递质中 NE 和 EXC 则有上升趋势。在倒立训练结束后的坐姿恢复状态下,运动员脑电各指标与训练前坐姿初始状态相比有明显提高,尤其是全脑神经递质 DA 水平的差异显著,这说明倒立训练对运动员脑电产生良性影响。

在 5 min 的倒立训练中,脑电指标变化幅度十分显著。左右枕区的脑电 α 频段导频百分比出现显著下降,这种变化可能是由于运动员体位随着倒立时间的增加,脑内血管血液流动速度减缓,从而影响了被试运动员顶枕区大脑高级功能,同时,由于被试运动员在倒立辅助设备对于体位变化产生紧张与恐惧的感觉,因而,导致枕区脑电频率加快。同时,脑电复杂度、近似熵以及 INH、5-HT、Ach、DA 4 种全脑神经递质也都出现下降趋势,且差异有显著意义,NE 和 EXC 则呈显著上升趋势,这也从另一个侧面印证了被试运动员紧张与恐惧情绪的增加。当体位恢复到坐姿状态下时,运动员各脑电指标迅速回升,并且超过训练前坐姿初始状态,这也从另一个角度反映出运动员大脑功能得到了很好的恢复。

4.2 倒立训练对运动员脑功能的影响

本研究中,在倒立训练后复杂度、近似熵与全脑 DA、Ach 等神经递质水平的增高表明,运动员中枢神经细胞放电活动趋于同步、协调,同时,脑电 α 频段导频百分比指标增高的变化趋势在一定程度上可以反映出倒立训练后运动员的情绪更趋稳定。本研究对射箭运动员日常训练进行跟踪观测发现,其日平均训练站立时间达到了 4.73 h,较长时间的站立是射箭运动的项目特点之一^[6]。Christopher Moore 曾提出(2006),血液流动的变化特点在一定程度上可能影响了神经功能,这种影响可能有助于调整信息在大脑中的通过方式;血液的流动方式发生改变后能够影响血管周围附近神经细胞的活性,这种变化会促使神经细胞彼此间信号传输的模式。本研究中采用倒立训练,正是通过改变身体姿态使被试射箭运动员适应由于外界刺激所产生的大脑动脉(MCA)血流速度的改变,通过重力环境变化影响脑血流量,提高运动员植物神经系统的兴奋性,进而使大脑对内外环境刺激的调节能力得到增强,最终达到运动员自身可以自主地与外界动态变化保持平衡与协调,提高运动员机体对大脑供血与供氧的能力。而射箭运

动员脑电序列的复杂度、近似熵值与决定其信息量的大小密切相关。其脑电信号的随机程度越高,说明该时间序列的脑电信息量越大、复杂性也就越高^[18]。本研究中,由于倒立产生的刺激在时间变量增加的情况下对脑功能的影响是显著的,而经常接受此种从倒立体位转换至正常体位的训练后,运动员脑电非线性参数及其全脑中神经递质的水平会趋于良性方向变化,其脑功能也会随之出现相应改变。

4.3 倒立训练对射箭运动员自身情绪的影响

本研究选择使用匹兹堡睡眠质量指数、焦虑自评量表和症状自评量表 3 种主观测试方法来评估倒立训练期间受试运动员心理状态指标的变化情况。在 8 周倒立训练后的结果显示,运动员 SQI 得分、SAS 得分和 SCL-90 总分在倒立训练后均有不同程度的改善,说明这种训练可以通过改变大脑血流影响中枢神经功能,从而有效提高睡眠质量,缓解焦虑、负荷训练后不适症状以及产生的不良情绪,且随着训练时间的进一步增加,所产生的改善效应会呈上升趋势。

在本研究中,实验对象是并没有器质性疾病的在役优秀射箭运动员,研究结果显示,倒立训练也具有可以减缓和降低焦虑、抑郁等不良情绪对运动员的影响,同时,还可以改善运动员的睡眠状况。这表明倒立训练具有预防、保健、治疗等多方面的功效。在本研究中,运动员倒立训练后脑电复杂度、近似熵两项脑电非线性参数显著增高,INH、5-HT、DA 3 种全脑神经递质指标显著增高,而 NE 和 EXC 则显著降低;心理指标中,SCL-90 总分显著改善,说明倒立训练后运动员脑电活动趋于同步化、有序化,其交感神经系统表现出紧张性降低,自主调节能力得以加强,经过 8 周倒立训练后焦虑、抑郁等不良情绪得到一定的缓解,睡眠质量有所提高。经过倒立倾斜训练后,各种中枢神经机能指标相互影响、促进,使射箭运动员中枢神经系统处于一种良性协调状态。

5 小结

1. 通过两种倒立时间的对比可以看出,3 min 倒立训练的刺激效果并不明显,而在 5 min 倒立训练中,坐姿初始状态与坐姿恢复状态的部分脑电非线性参数与全脑神经递质指标出现显著变化。

2. 倒立状态持续 5 min 后,体位变化刺激使被试大脑枕区的 α 频段导频百分比显著增高,脑电非线性参数与全脑中神经递质指标出现显著变化,这可以看做是由于体位和脑血流速度变化而产生的良性改变。

3. 8 周的倒立训练可以使射箭运动员全脑神经递质中的 5-HT、DA 有显著增加,SCL-90 总分显著降低。此实验结果表明,通过长时间的倒立训练,对射箭运动员的不良情绪可以起到一定的缓解作用,同时,可以减轻其在负荷训练后产生的一些不适症状,对其睡眠质量有所提高,而

