



上海女子气手枪运动员击发和收枪时 脑电相干性分析

安燕,郑樊慧*

摘要:通过脑电相干性分析,探讨运动员射击中击发和收枪两种不同运动表现时各脑区间的沟通差异。采用64导脑电测试系统记录12名女子气手枪运动员击发与收枪时的脑电,将两种不同表现击发前的脑电分为4个时间段(每段1000ms),分别计算低-alpha频段(8~10Hz)、高-alpha频段(11~13Hz)、低-beta频段(14~22Hz)中前额区(Fz)与其他脑区间(额区、中央区、顶区、枕区和颞区)的相干性。结果发现,在低-alpha频段,与收枪时相比,运动员击发时大脑信息沟通较少,表明击发时运动员只需要较低的皮层唤醒和注意努力。左脑脑波相干性显著低于右脑,表明大脑半球不同功能体现在了运动员射击过程中,运动员射击时右半球交流多,注意力转移以视觉空间为主。不同表现过程中不同时间点显示了不同高低的脑波相干性,故推断稳定的大脑皮质活动与较好的运动表现有关。

关键词:气手枪;运动员;脑电相干性

中图分类号:G804.8 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2016)06-0083-05

Analysis of Electroencephalographic Coherence during the Periods of Firing and Pistol Withdrawal of Shanghai Women Air-pistol Athletes

AN Yan, ZHENG Fanhui

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

Abstract: The aim of this study is to examine electroencephalographic (EEG) coherence to determine the communication difference between the different encephalic regions of pistol athletes during the periods of firing and pistol withdrawal. EEG testing system (64 channels) was used to record the electroencephalogram of 12 women pistol athletes during the processes of firing and pistol withdrawal. The electroencephalogram was divided into 4 periods (each period 1000ms). The coherence between the prefrontal area and other brain areas (forehead area, central area, occipital area and temporal area) at the frequency range of low-alpha (8-10 Hz), high-alpha (11-13Hz) and low-beta (14-22Hz) was calculated. The result shows that at the low-alpha, the athlete has less brain information communication when firing, compared to that at the period of pistol withdrawal. This means that athlete only needs lower cortex awakening and attention effort at the period of firing. The left brain waves coherence is apparently lower than that of the right hemisphere, which shows that the different functions of the brain hemispheres can be seen in the process of athlete's firing. In the course of shooting, athlete's right brain hemisphere has more communication and attention shift gives priority to visual space. Different brain wave coherence can be detected in the different movement process at the different time point. So we can deduce that stable cerebral cortex activity correlates with better performance.

Key Words: air-pistol; athlete; EEG coherence

运动员都想在比赛中发挥出最佳的运动水平,获取比赛的胜利。而随着竞技水平的不断发展,尤其是对封闭性运动项目(如射击、射箭等)来说,要想在比赛中获胜,除了高水平的技能外,心理方面的差异也会影响最后的运动表现,研究发现,好的运动表现时运动员心理状态是专注的、时间静止的、无杂念的、完全投入其中的^[1]。而对射击运动员而言,他们需要在射击过程中保持身体和心理的稳

定性,尤其是在击发前的准备期,运动员需要集中注意力并减少所有外部运动以保持瞄准期间的稳定。射击比赛的资格赛规则中,10 m气手枪项目要求女子射手在50 min内射击40发子弹,男子射手在75 min内射击60发子弹。但在射击的过程中我们会发现,即便是优秀的射击选手也不是每次在瞄准后会扣动扳机。有时候他们会在瞄准后放弃扣扳机,即放下手枪不射击(即收枪)。射手放弃击发可

收稿日期:2016-09-16

基金项目:上海市科委资助项目(14232302100)。

第一作者简介:安燕,女,助理研究员。主要研究方向:运动心理学。E-mail: anyan198320@163.com。

* 通讯作者简介:郑樊慧,女,研究员。主要研究方向:运动心理学。E-mail: zhengfanhui@hotmail.com。

作者单位:上海体育科学研究所,上海 200030。



能表明执行动作时自身感觉不在最佳状态。事后当被问及为什么不扣扳机时,他们通常认为感觉不对,定不下心来或动作不好,这种体验通常与扣动扳机时的描述相反,并认为主要是心理因素所致,而不是身体因素。因此,有观点认为对竞赛者准备期心理状态进行测量可能对表现结果有预测性^[2]。

以往大多数心理状态的测量为自陈式报告,可能存在填写者的主观性。脑电(EEG)可以对射手在准备期这一动态的心理过程进行实时的监测,而几乎不会对射手造成干扰,因此可以用于推断所涉及的心理过程。许多的研究者已经运用 EEG 对运动员的心理状态进行检测,并得出了一些研究成果,他们发现好的运动表现时左侧颞区 alpha 功率逐渐增加^[3](Hatfield, Landers, Ray, 1984; 枕区中线(Oz)alpha 功率逐渐上升^[4](Loze, Collins & Holmes, 2001), 中线前额区(Fm)theta 波功率增加^[5](Doppelmayr, Finkenzeller & Sauseng, 2008),但他们的研究都是运动员在完成击发状态下完成的。2000 年 Hillman 等研究了击发和收枪两种状态下的脑电变化,他们比较了 7 名步枪运动员在击发和收枪前 4 s alpha 和 beta 频段功率的变化,结果发现与击发时相比,收枪时 alpha 功率和 beta 功率增加,此外,不同的脑区在击发和收枪时,与右半球相比,左侧半球的频谱能量增加,因此,作者认为收枪是由于与任务执行相关的神经资源分配不合理而产生的^[2]。以上的这些研究多运用脑电频谱分析和事件相关电位分析,是对大脑区域性活化状态的分析,但不能检测不同大脑区域之间的沟通。而脑电相干性分析(coherence)可以用于分析皮层区域间的沟通,它是一种记录同时间内两种不同电极位置之间脑电相关程度的测量方法。高相干性表示不同大脑皮质间相互连接沟通,低相干性代表大脑各区域独立自主^[6]。

洪聪敏等对脑波在心理学的应用研究中指出,脑电相干性在运动表现上的研究很少,目前有的研究发现脑波相干性与技能高低有关,而且焦虑会提高左颞区与额区的相干性,技能学习可以降低脑波相干性^[7]。Denny, Hillman, Janelle 和 Hatfield 对不同技能水平的步枪射击运动员瞄准期间的相干性分析显示,与中等程度的射手相比,优秀射手击发前在低频 alpha 和低频 beta 左侧颞叶与中央额区之间显示了较低的相干性,在高频 alpha 所有左侧半球电极点与中央额区之间相干性低,在低频 beta 左侧颞叶与所有中线电极点之间的相干性低,研究者认为,这表明优秀射手在运动过程中认知参与减少^[8]。Denny 等又采用专家—新手范式进一步做了研究,发现与新手相比,专家展现了较低的相干性,其结果支持专家皮层网络的精细分化,表明专家与新手在与运动计划相关的记忆过程和时间空间线索执行上的不同^[9]。我国学者王丽岩等也采用专家—新手范式对乒乓球运动员的研究显示,与运动新手相比,运动专家显示了更低的脑电相干性^[10]。

以往对射击或其它项目的研究多以不同技能水平的运动员为被试,或采用专家—新手范式进行相干性研究,而对射击时放弃击发前的心理状态进行的研究则较少。因此,本研究主要探讨射击运动员击发和收枪时与大脑皮质沟通的关系,看其两种状态时大脑皮质沟通是否存在差异。

1 研究方法

1.1 研究对象

12 名上海女子手枪运动员,平均年龄(17±1.60)岁,训练年限(3.95±1.31)年。均为右利手,视力正常或矫正视力正常,听力正常,无其他神经精神疾患。

1.2 实验工具

Neuroscan EEG/ERP (Synamps 2)测试系统用于采集和分析脑电数据。

1.3 实验过程

在正式实验开始前,主试告知被试实验的基本目的和实验的基本程序。在实验前的准备中,被试电极帽的佩戴松紧适度,以国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽记录 EEG。

在实验过程中运动员进行 10 m 气手枪的射击。在正式开始之前,运动员进行射击准备,在准备好后告知主试。随后要求射击 40 发子弹,每 10 发 1 组,组间休息 3 min。在正式射击过程中不进行任何的干预,收集运动员每一次射击过程的脑电波,其中完成最后的扣扳机作为击发,最后放弃扣扳机为收枪。

1.4 EEG 记录与数据处理

EEG 记录以头顶为参考电极,前额接地,同时在双眼外眦和眼眶上下缘分别记录水平眼电(HEOG)和垂直眼电(VEOG)。滤波带通:0.05~100 Hz,采样频率:500 Hz,电极和皮肤的接触阻抗小于 5 kΩ。正式开始后,收集运动员每一次射击过程中的脑电。

利用 Scan 4.3 软件对脑电数据进行离线分析。用相关法去除眼电伪迹,接着转换为双侧乳突为参考。分析时程为运动员动作前 4 000 ms。每 1 000 ms 为一个时间段,经基线校正、去除伪迹后,分别将击发和收枪时每个时间段的脑电进行叠加平均,经过快速傅里叶转换得到各脑区低-alpha 波(8~10 Hz)高-alpha(11~13 Hz)、低-beta 波(14~22Hz)功率值,并计算 Fz 与 F₃、F₄、T₃、T₄、C₃、C₄、P₃、P₄、O₁、O₂ 之间的相干系数,然后经过 Fisher-Z 转换以确保数据正态分布。采用 2×5×2×4(类型×电极×半球×时间段)的重复测量方差分析。大脑相干性分析相关图见图 1。

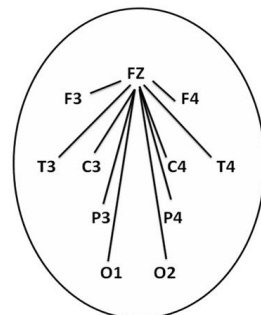


图 1 左右半球各电极点与中央额区 FZ 配对连接图
Figure 1 Matching Connection Diagram of the Different Electric Contacts and the Central Frontal Area FZ of the Left and Right Hemispheres

2 研究结果

2.1 低-alpha(8~10 Hz)各脑区间相干性分析结果

重复测量的方差分析显示:类型主效应显著, $F(1,8)=6.758, P=0.032$ 。大脑相干性在运动员击发时(0.813)显著低于收枪时(0.945),见图2。半球主效应显著, $F(1,8)=9.772, P=0.014$ 。左半球相干性(0.843)显著低于右半球(0.915),见图3。电极位置主效应显著, $F(4,32)=166.749, P=0.000$ 。而且越靠近Fz的电极位置其相干越高,见图4。

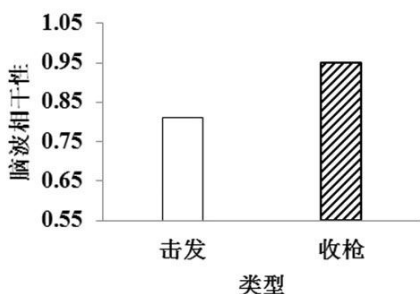


图2 低-alpha频段击发与手枪脑电相干性

Figure 2 EEG Coherence in the Periods of Firing and Pistol Withdrawal at the Frequency Range of Low-alpha

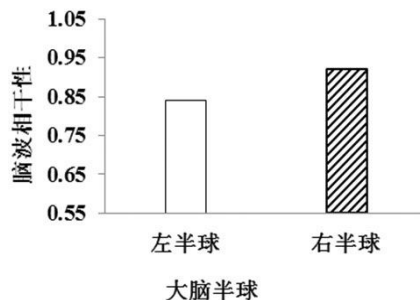


图3 低-alpha频段大脑半球脑波相干性

Figure 3 Brain Wave Coherence of the Hemispheres at Low-alpha

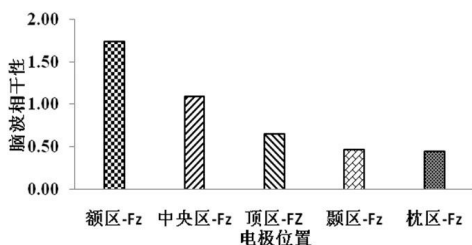


图4 低-alpha频段电极位置脑波相干性

Figure 4 Brain Wave Coherence of the Electrode at Low-alpha

2.2 高-alpha(11~13 Hz)各脑区间相干性分析结果

重复测量的方差分析显示:类型主效应不显著, $F(1,8)=1.315, P=0.285$,击发(1.257)与收枪(1.322)的相干性之间没有差异性存在。半球主效应显著, $F(1,8)=9.659, P=0.014$ 。左半球(1.353)相干性高于右半球(1.226),见图5。位置主效应显著, $F(4,32)=244.718, P=0.000$,而且越靠近Fz的电极位置其相干越高,见图6。电极位置×半球

交互效应显著, $F(4,32)=3.943, P=0.031$ 。进一步的多重比较发现, $C_3-Fz(1.623)$ 与 $C_4-Fz(1.328)$ 之间的相干性具有显著性差异,左侧相干性显著高于右侧,见图7。

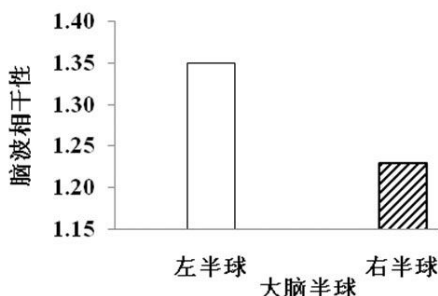


图5 高-alpha频段大脑半球脑波相干性

Figure 5 Brain Wave Coherence of the Hemispheres at High-alpha

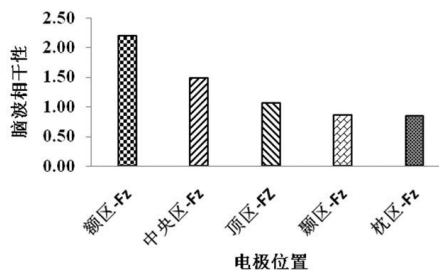


图6 高-alpha频段电极位置脑波相干性

Figure 6 Brain Wave Coherence of the Electrode at High-alpha

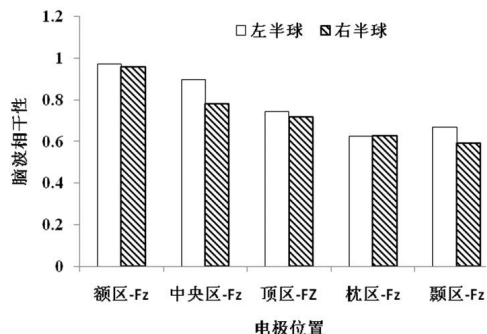


图7 高-alpha频段电极位置×半球交互效应脑波相干性
Figure 7 Brain Wave Coherence of the Electrode × Hemisphere Interaction Effect at High-alpha

2.3 低-beta(14~22 Hz)各脑区间相干性分析结果

重复测量的方差分析显示:类型的主效应不显著, $F(1,8)=0.458, P=0.517$,击发(1.325)与收枪(1.306)的相干性不存在差异性。半球的主效应显著, $F(1,8)=11.899, P=0.009$ 。左半球(1.355)相干性显著高于右半球(1.275),见图8。位置的主效应显著, $F(4,32)=218.62, P=0.000$,而且越靠近Fz的电极位置其相干越高,见图9。位置×半球的交互效应显著, $F(4,32)=4.348, P=0.006$ 。进一步多重比较发现, $C_3-Fz(1.639)$ 与 $C_4-Fz(1.521)$ 、 $T_3-Fz(1.012)$ 与 $T_4-Fz(0.790)$ 之间相干性具有显著性差异,且左侧半球相干性显著高于右侧,见图10。类型×时间段的交互效应显著, $F(3,24)=12.478, P=0.000$ 。进一步多重比较发现,在动

作结束前 1 s 的 $P=0.014$ 和前 3 s 的 $P=0.033$ 击发和收枪存在显著性差异,见图 11。

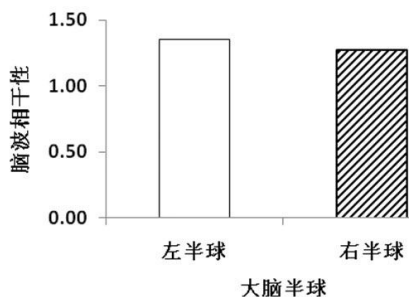


图 8 低-Beta 频段大脑半球脑波相干性

Figure 8 Brain Hemisphere Wave Coherence at Low-beta

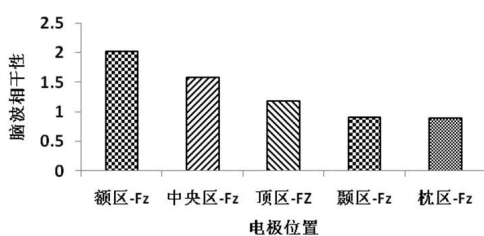


图 9 低-Beta 频段电极位置脑波相干性

Figure 9 Electrode Brain Wave Coherence at Low-beta

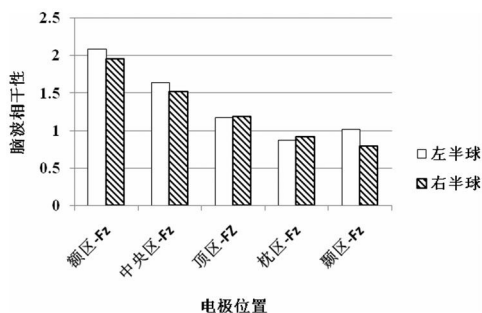


图 10 低-Beta 频段电极位置×大脑半球交互效应脑波相干性

Figure 10 Brain Wave Coherence of the Electrode × Hemisphere Interaction Effect at Low-beta

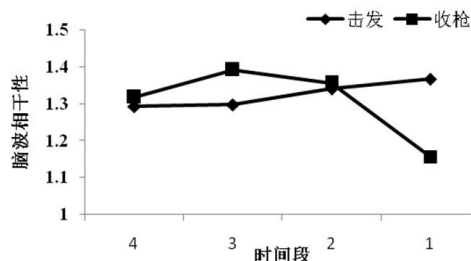


图 11 低-Beta 频段类型×时间段交互效应脑波相干性

Figure 11 Brain Wave Coherence of the Type × Time Period at Low-beta

3 结果与讨论

EEG 相干性可用于评估运动表现过程中大脑不同功能区的信息沟通情况,较高的相干性表示各区域间的沟通

相互连结,低的相干性则表示各区域各自独立。根据动作技能三阶段理论(Fitts & Posner, 1967),随着动作技能的学习,最终动作技能进入自动化阶段,此阶段所涉及到的认知分析逐步减少,运动员可以把注意力放在与运动相关的信息上,以更加有效的自动化模式来获得最佳的运动表现。当运动员动作纯熟时,他们的大脑相干性相对而言是较低的,即大脑各皮质各司其职,能够发挥应有的作用并投入适当的资源,大脑能更有效地处理其动作技能。本研究的目的是比较运动员在击发和收枪两种不同表现过程中的脑波相干性,我们假设运动员在击发时其动作执行过程较好,大脑动用资源少,而在收枪时其动作执行不佳,大脑动用资源多。

本研究的结果显示,在低-alpha 频段,运动员在击发时脑波的相干性显著低于收枪时脑波的相干性,在高-alpha 和低-beta 频段并未发现两者的差异。研究已经发现,低-alpha (8~10 Hz) 和高-alpha (11~13 Hz) 具有不同的功能意义,低-alpha 频段不仅与认知过程有关而且与全脑的唤醒、被试的注意准备和努力过程有关^[11],而高-alpha 频段则反映了与特定任务相关的感觉运动或语义信息的神经系统的波动^[12]。可见,在不同结果的两种射击过程中,射手整体的大脑唤醒水平或本身的注意程度是不同的。与收枪时相比,在完成了击发动作的射击过程中,射手的相干性水平更低,表明射手此时大脑唤醒水平较低,击发时大脑的皮质沟通少于收枪时,动作更加自动化,相关脑区不必要的联结降低。

通过对裂脑病人的研究^[13],发现左半球在语言、言语、书写、计算、时间和节奏感知以及需要分析的各种思维中起特殊作用;右半球在与知觉有关的更加整体(广泛)的加工、形象化、空间知觉、形状识别、情绪、旋律和情绪的表达中起特殊作用。本研究结果显示,在低-alpha 频段,左半球的脑波相干性显著低于右半球。在射击过程中右半球各脑区大脑皮质间的沟通高于左半球各脑区,表明此时射手右半球的视觉空间过程增加,语言分析过程降低。但是在高-alpha 和低-beta 频段却发现左半球的脑波相干性高于右半球,进一步研究发现在高-alpha 频段 C_3-Fz 的脑波相干性高于 C_4-Fz , 在低-beta 频段 C_3-Fz 脑波相干性高于 C_4-Fz 。在具体执行动作的过程中,相比较与右脑,左脑在运动区、颞叶表现出较高的脑波相干性。左侧颞叶皮层与语言有关^[13],这表明运动员在计划任务的过程中,过于关注对动作的控制以及涉及了认知分析的过程。这与 Deeny 等对射击运动员的研究发现不同,他们的研究指出,优秀运动员的左脑脑波相干性低于右脑,代表优秀运动员因动作技能自动化而减少了认知信息的处理^[8]。此外,以往对于不同技能水平的射击被试进行的研究发现高技能水平的被试皮层交流显著低于低技能水平被试,特别是在左侧颞区与 Fz 之间。分析其原因可能与参与研究的射击运动员的技能水平有关,王丽岩等指出,低水平阶段运动员皮层活动在认知任务中相关和不相关的脑区均会产生激活,反映了相对不稳定的神经过程,随着技能水平的提高,动作变得更加精细、稳定和自动化,相关任务脑区不必要功能连接降低^[10]。本研究射击运动员的训练年限在 4 年左



右,而 Deey 等研究的专家级射击运动员其运动经历达到 18 年左右,对技能的掌握更加纯熟。可能由于运动员对技能的不同掌握程度导致了结果的差异。

此外,低-beta 频段,我们发现不同表现中出现时间点的差异,动作前 1 s 和动作前 3 s 击发和收枪存在显著性差异。动作前 3 s,击发时相干性低于收枪时相干性,但在动作前 1 s,收枪相干性发生明显变化,而击发时整个动作执行过程中相干性比较平稳。Bird 的研究发现,个人表现较好时左侧颞叶(T₃)脑波频率比起低分时呈现较稳定状态^[14]。这与 Bird 的研究一致,因此可以认为表现好坏与大脑皮质活动稳定程度有关系。

本研究对运动员击发和收枪两种情形下的脑波相干性进行比较,并没有在不同频段出现相似的研究结果,其原因笔者认为一是与运动员的技能水平有关系,二是运动员在射击过程中可能虽不是最佳动作但最后进行了击发,且由于被试运动技能水平参差不齐,导致在动作前的神经认知处理过程不一致或缺乏稳定性,因此很难从脑电变化中发现一致性的规律。

4 结论

4.1 在低-alpha 频段,与收枪时相比,运动员击发时大脑信息沟通较少,表明扣扳机击发时运动员只需要较低的大脑唤醒和注意努力。

4.2 在低-alpha 频段,左脑脑波相干性显著低于右脑,表明大脑半球不同功能体现在了运动员射击过程中,运动员射击时右半球交流多,注意力转移到以视觉空间为主。

4.3 不同表现过程中不同时间点显示了不同高低的脑波相干性,推断稳定的大脑皮质活动与较好的运动表现有关。

参考文献:

- [1] Krane V., Williams J. M. Psychological characteristics of peak performance[J]. Applied sport psychology: Personal growth to peak performance, 2006, 5: 207-227.
- [2] Hillman, C. H., Apparies, R. J., Janelle, C. M., et al. An electrocortical comparison of executed and rejected shots in skilled marksmen[J]. Biological Psychology, 2006, 52(1): 71-83.
- [3] Hatfield B. D., Landers D. M., Ray W. J. Cognitive processes

during self-paced motor performance: An electroencephalographic profile of skilled marksmen[J]. Journal of Sport Psychology, 1984, 6(1): 42-59.

- [4] Loze G. M., Collins D., Holmes P. S. Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: a comparison of best and worst shots. Journal of sports sciences, 2001, 19(9): 727-733.
- [5] Doppelmayer M., Finkenzeller T., Sauseng P. Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting: differences between experts and novices[J]. Neuropsychologia, 2008, 46(5): 1463-1467.
- [6] Weiss S, Mueller H. M. The contribution of EEG coherence to the investigation of language[J]. Brain and Language, 2003, 85(2):325-343.
- [7] 洪聪敏,石恒星.脑波在运动心理学研究之应用[J].应用心理研究,2009(42): 123-161.
- [8] Deeny S. P., Hillman C. H., Janelle C. M., et al. Cortico-cortical communication and superior performance in skilled marksmen: an EEG coherence analysis[J]. Journal of Sport and Exercise Psychology, 2003, 25(2): 188-204.
- [9] Deeny S. P., Hauffer A. J., Saffer M., et al. Electroencephalographic coherence during visuomotor performance: a comparison of cortico-cortical communication in experts and novices[J]. Journal of Motor Behavior, 2009, 41(2): 106-116.
- [10] 王丽岩,李安民,王洪彪.乒乓球运动员动作识别时的脑电相干性分析[J].体育科学,2013,33(5): 31-40.
- [11] Klimesch W., Pfurtscheller G., Schimke H. Pre- and post-stimulus processes in category judgement tasks as measured by event-related desynchronization(ERD)[J]. Journal of Psychophysiology, 1992, 6(3):185-203.
- [12] Percio C. D., Iacoboni M., Lizio R., et al. Functional coupling of parietal alpha rhythms is enhanced in athletes before visuomotor performance: a coherence electroencephalographic study [J]. Neuroscience, 2011, 175(4):198-211.
- [13] 切卡莱丽·怀特著,周仁来译.心理学最佳入门(第2版)[M].北京:中国人民大学出版社,2013.
- [14] Bird E. I. Psychophysiological processes during rifle shooting [J]. International Journal of Sport Psychology, 1987(18):9-18.

(责任编辑:何聪)