



大运动量训练削弱了大脑前注意自动加工: 来自 MMN 的证据

安燕¹, 陆清², 郑樊慧^{1*}, 王晨¹, 赵德峰¹

摘要: 事件相关电位(event-related potentials, ERP)的成分失匹配负波(mismatch negativity, MMN)是反映前注意加工的客观指标。以 MMN 为指标,探讨了大运动量训练后运动员听觉信息自动加工的特点。结果发现,大运动量训练引起 MMN 波幅的显著降低。结论:大运动量训练削弱了运动员的大脑前注意自动加工能力,MMN 可以较敏感地反映运动员在训练期的大脑机能状况。

关键词: 大运动量训练;脑功能;失匹配负波;变化觉察

中图分类号:G804.8 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2015)06-0084-04

High-load Training Impairs Pre-attentive Change Detection: Evidence from MMN

AN Yan¹, LU Qing², ZHENG Fanhui^{1*}, WANG Chen¹, ZHAO Defeng¹

(1Shanghai Research of Institute of Sport Science, Shanghai 200030, China)

Abstract: MMN (mismatch negativity) of event-related potentials (ERPs) is an objective indicator of reflecting pre-attentive change detection. With MMN as the indicator, the research explores the characteristics of athlete's pre-attentive change detection of auditory information after high-load training. The result shows that MMN amplitude is significantly reduced after high-load training. The conclusion is that high-load training impairs athlete's ability of pre-attentive change detection. MMN can sensitively reflect the brain function of athlete during the period of training.

Key Words: high-load training; brain function; MMN (mismatch negativity); change detection

排球运动是一项技术细腻、需要队员间高度默契配合的集体性隔网对抗性运动,要求运动员在很短的时间内把空中飞行的球快速、稳定和准确地击到目的地。在瞬息万变的球场上,要求运动员正确地判断场上的变化情况,识别与预见对手的战术意图,精确地把握时机,适时地采取对策,迅速而又准确地调节自己的行动来实现自己的战术行动。因此,该项目要求运动员必须具备良好的注意能力、知觉能力和思维决策能力,而这些能力好坏均取决于运动员大脑机能状态。

目前,我国排球实行联赛制,赛期长,而且各运动队间对抗激烈,一场比赛往往要打满五局才能决出胜负,在高水平的排球比赛中,球队间不再是单纯的体力的较量,更有脑力和智能的较量。因此,为了获取比赛的胜利运动员身心机能的消耗都比较大。这种赛制也决定了排球运动员在平时必须进行大负荷的训练,才能适应比赛的要求。然而长期的大负荷训练,尤其是训练负荷如果安排不合理,

必然会引起运动员的身心疲劳。已有研究表明,疲劳除了会引起运动员一些生理、生化指标的变化外,运动员还会表现出反应迟缓、注意力不集中,肌肉运动知觉和准确的节奏感、速度感、距离感以及空间的定向能力等认知功能下降;同时伴有情绪情感状态的改变^[1-4]。还有研究指出,脑力疲劳后唤醒水平降低,认知功能下降,以注意力下降最为显著^[5-6]。

注意是心理活动对一定事物的指向和集中。它是保障心理活动正常进行的基本功能。如果运动员的注意强度减弱、稳定性下降或注意力分散,都会导致动作反应迟缓,动作质量下降甚至造成动作失误或丢失绝佳的机会。例如,在排球比赛中,进攻队员如果注意力不集中,就不能及时准确领会二传队员传出球的意图,那么就会出现所谓的二传队员和进攻队员配合不默契,从而出现进攻变得缺乏杀伤力,不能突破对方的拦网和防守,甚至出现进攻直接失误的现象。

收稿日期:2015-10-14

基金项目:上海市科委课题(12231203000)

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。

*通讯作者简介: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.上海科技管理学校 上海 200433。



前注意是注意加工过程的早期阶段,是在注意之前对事物进行该不该注意分析的心理过程,发生在知觉之前,反映了大脑皮质对外界信息的自动加工能力,是选择性注意的开始或准备阶段^[7]。研究指出,前注意的重要功能是自动地觉察偏差/变化刺激,保证注意转移到偏差或变化信息上,避免后续加工障碍^[8,9]。Elton等(2004)发现,许多失误操作是由于偏差/变化自动决策失败造成的^[10]。因此,可以推测,如果运动员前注意阶段对信息的自动加工水平受到损害,那么将对后期的决策过程产生重要影响。

事件相关电位(event-related potentials, ERPs)被认为是研究认知过程最令人寄予希望的手段之一,被誉为“窥测心理活动的窗口”。1978年Näätänen等发现了反映大脑前注意加工的ERP成分——失匹配负波(mismatch negativity, MMN)^[11]。

近年来,许多学者以MMN为指标,研究了脑疲劳对大脑自动加工的影响,发现脑力疲劳下MMN波幅明显下降,表明大脑前注意信息自动加工能力降低^[12,14]。也有研究者对身体疲劳对前注意加工的影响进行了研究。Evstigneeva等(2010)发现在肌肉疲劳状态下,额中央区的MMN波幅显著降低,而在轻松任务下MMN波幅增加,表明前注意加工受到了肌肉疲劳程度的调控^[15]。

虽然有研究探讨了不同运动项目(篮球和射箭)运动员大脑自动化加工过程的差别^[16],但对大运动量训练是否对运动员的前注意加工能力造成影响,目前尚未有相关报道。对于排球运动员来说,大运动量训练是不可避免的,而大运动量训练是否会损害运动员的自动加工能力,进而影响运动员技术动作的发挥是本研究所关心的问题。鉴于此,本研究以MMN为测试指标,考察运动员在大运动量训练前后前注意加工的特点,为评价运动员的机能状态提供新指标,进而为帮助教练员合理地安排运动负荷提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究对象

上海青年男子排球运动员13名,年龄(17.77±1.09)岁,均为右利手,身体健康,无脑部损伤和神经系统疾病史,视力正常或矫正后视力正常。所有运动员均接受12 d大运动量训练,每堂课的训练时间为3 h,其中第3 d、7 d、10 d的下午休息,其余时间均进行训练,训练内容为准备活动、专项技战术训练和对抗训练等。

1.2 刺激材料

标准刺激为550 Hz纯音,强度80 db,持续时间100 ms,共900个(占90%);偏差刺激为500 Hz纯音,强度80 db,持续时间100 ms,共100个(10%),刺激间隔500~600 ms之间伪随机(每个偏差刺激前至少有两个标准刺激,相邻两个刺激不能同时为偏差刺激)。所有的听觉刺激均通过耳机双耳同时呈现。

1.3 实验仪器

E-Prime 2.0心理实验程序专业设计软件,用于编制实验程序和刺激播放程序。事件相关电位记录系统:美国Neuroscan32导事件相关电位测试系统。计算机3台:一台用于运行实验程序,一台用于给被试播放默片;一台用于记录和采集脑电数据。

1.4 ERPs数据记录和分析

基于MMN的脑区分布和以往研究,本研究记录和分析额中央区(F3、Fz、F4、C3、Cz、C4)和颞区(M1、M2)的MMN。采用NeuroScan ScanLT系统,按照国际10-10系统电极放置记录脑电信号。以鼻尖作为参考,前额接地,同时记录垂直和水平眼电。采样频率为500 Hz,记录带宽为0.05~100 Hz。头皮与电极接触皮肤阻抗小于5 KΩ。整个实验过程中,要求被试认真观看默片《憨豆先生》,忽略耳机中的声音。实验完成后,回答与影片内容相关的问题。

运用相关法去除眼电对脑电的干扰。以刺激前100 ms至刺激后400 ms为脑电分析时程,以刺激前100 ms为基线矫正。波幅大于±100 uV视为伪迹剔除,然后叠加平均得到偏差刺激和标准刺激诱发的ERPs。用偏差刺激ERPs减去标准刺激ERPs,得到MMN。

1.5 ERPs测量和统计

由于本研究中MMN没有明显的波峰,因此,对100~250 ms的MMN进行平均波幅进行测量(100~150 ms、150~200 ms、200~250 ms)。对额中央区的MMN,采用2×3×2的重复测量方差分析,因素包括:测试时间(大运动量训练前、大运动量训练后)、脑区(左侧、中线、右侧)、电极位置(额区、中央区)。对颞区MMN采用2×2的重复测量分析,因素包括:测试时间(大运动量训练前、大运动量训练后)、电极(M1、M2)。用Greenhouse-Geisser法校正P值。

运动员脑电测试结束后,要求运动员填写POMS量表。对POMS数据采用配对T检验。

2 研究结果

2.1 大运动量训练前后MMN的平均波幅比较

图1显示出运动员在大运动量训练前和大运动量训练后的MMN,可见在100~250 ms出现了一个明显的差异负波(MMN),而在颞区记录到极性翻转的MMN。

对额、中央区的方差分析表明,虽然100~150 ms、200~250 ms各主效应及交互效应均未达到显著性水平($P > 0.05$),但150~200 ms的MMN平均波幅存在显著的测试日期主效应, $F(1,12) = 5.211, P = 0.041 < 0.05$,表现为大运动量训练后MMN的平均波幅((-0.267 uV)显著低于大运动量训练前(-1.492 uV)。其他主效应和交互效应均不显著($P > 0.05$)。

对颞区的方差分析比较发现,在100~150 ms、150~200 ms、200~250 ms各时间段各主效应及交互效应均未达到显著水平($P > 0.05$)。

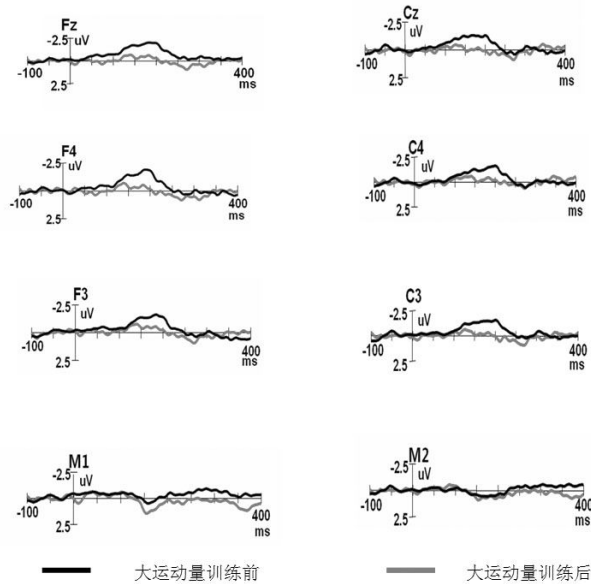


图1 青年男排在大运动量训练前后 MMN 总平均图

Figure 1 Average MMN of the Junior Male Volleyball Players before and after High-load Training

表1 青年男排运动员大运动量训练前后 MMN 平均波幅(uV)与标准差

Table I Average MMN Amplitude (uV) and Standard Deviation of the Junior Male Volleyball Players before and after High-load Training

电极位置	100~150ms		150~200ms		200~250ms	
	大运动量训练前	大运动量训练后	大运动量训练前	大运动量训练后	大运动量训练前	大运动量训练后
Fz	-1.31±1.28	-0.34±1.87	-1.85±1.73	-0.41±2.24	-1.07±2.12	0.15±2.27
F3	-0.96±1.32	-0.51±1.86	-1.43±1.50	-0.45±2.06	-0.51±1.45	0.14±2.05
F4	-0.92±1.25	-0.30±1.78	-1.61±1.30	-0.30±2.02	-0.79±1.75	0.22±1.95
Cz	-0.99±1.60	-0.35±1.75	-1.27±1.62	-0.05±2.01	-0.57±1.92	0.25±2.19
C3	-1.07±1.11	-0.40±1.56	-1.43±1.44	-0.14±1.95	-0.72±1.53	0.33±2.17
C4	-0.98±1.32	-0.49±1.56	-1.35±1.53	-0.25±1.81	-0.75±1.91	0.08±2.06
M1	-0.42±1.37	0.04±1.04	0.16±1.95	0.90±1.39	-0.39±2.10	0.38±1.49
M2	0.01±1.32	0.06±1.44	0.51±1.82	0.68±1.54	-0.00±1.88	0.14±2.05

表2 青年男排运动员大运动量训练前后 POMS 各分量表均数与标准差

Table II Average and Standard Deviation of POMS of the Junior Male Volleyball Players before and after High-load Training

测试状态	紧张	抑郁	愤怒	精力	与自我有关的情绪	疲劳	慌乱
大运动量训练前	43.92±6.47	43.00±4.53	47.23±7.99	51.38±5.12	45.23±9.21	49.92±8.96	47.31±11.01
大运动量训练后	43.92±8.13	44.00±5.40	46.92±6.87	50.46±7.26	45.46±10.33	46.54±7.91	45.23±10.06

等一致发现脑力疲劳导致 MMN 波幅明显降低^[6,13,14]。Raz 等(2001)发现完全睡眠剥夺也会引起 MMN 的波幅显著降低^[19]。此外,有研究表明,与疲劳高度相关的脑区包括:额叶、顶叶和扣带回,这些研究结果与本研究中大运动量训练后额—中央区的 MMN 下降结果一致。本研究中并未发现大运动量训练对颞区 MMN 的影响,其原因可能在于 MMN 的额叶和颞叶两个子成分反映了不同的前注意认知功能,颞区 MMN 反映的脑功能主要在于对偏差刺激的检测、分析和加工能力,而额叶 MMN 同注意的自动开启过程有关,并且对“困倦”更为敏感^[20]。

以往的研究发现,在脑力疲劳损害脑信息自动加工的

2.2 大运动量训练前后 POMS 各分量表对比分析

表 2 示出运动员大运动量训练前后 POMS 各分量表的均数与标准差。配对 T 检验分析表明,在大运动量训练前后 POMS 各个因子均没有显著性差异。

3 讨论

本研究发现,大运动量训练引起额、中央区 MMN 平均波幅显著降低,但颞区 MMN 并未受到运动量的影响。MMN 反映了大脑在非注意条件下对外界信息变化的觉察能力,是一种自动识别、分析的前注意加工过程^[17]。本结果表明运动员大运动量训练可以导致前注意加工阶段对信息变化的自动觉察能力受损。

额中央区 MMN 幅值降低可能是由于运动员在大运动量训练后精力不足,在测试过程中只能把精力放在与任务相关的信息上,即看默片,从而对任务无关信息的加工能力降低。有研究指出如果注意高度集中在原始要求的任务上,MMN 的幅度会降低^[18]。然而,MMN 幅度降低的原因更可能是大运动量训练后导致的中枢疲劳所致。有研究表明,MMN 的幅值降低是中枢疲劳的特质表现,即中枢疲劳的基本特征。杨博(2013)、吕静(2008)、李俊楠(2011)

同时,还伴随疲倦、无力感、易怒等情绪体验。我国学者调查了大负荷训练对运动员情绪状态的影响,发现大负荷训练时运动员的负性情绪增加,正性情绪减少^[2]。而情绪状态不佳,会导致运动员过多地关注自我,从而影响运动员对比赛场上各种信息的判断。然而,我们使用 POMS 问卷调查,并未发现运动员在大运动量训练后其情绪状态发生显著性变化,表明运动员的心理状态比较稳定。究其原因,一是主观问卷的测量受个人的影响比较大,在测试中与受试者的配合度有很大的关联,如果受试者有意欺瞒的话,就不能真实反应个体的自身状况。其次,第二次问卷调查时间安排在大负荷训练后,而情绪是一种持续变化的心理



状态,此刻可能由于结束了大运动量的训练而使运动员的整个情感状态比较积极,没有呈现出大运动训练所带给受试者的情绪体验。因此,主观问卷的测量受很多因素的影响,有时并不能客观反映运动员的自身状态,无法避免有意隐瞒和有意识控制的作用。

ERP技术在竞技体育领域的研究还比较少,本研究也只是将ERP技术应用于评价不同状态下运动员的大脑自动化加工能力的一个初步探讨。通过本研究,表明MMN可以较敏感的反映运动员在训练期的大脑机能状况,可为训练量的评价提供一定的电生理依据,能够及时预警大运动量训练引起认知功能下降,做到早期干预,具有重要现实意义。在以后对运动员进行干预后,也可以把MMN作为运动员干预后效果的评定指标。

4 结论

大运动量训练后,青年男排运动员MMN的波幅显著下降,对外部信息变化的自动加工能力降低。MMN可作为评判运动员训练中大脑机能状况的指标之一。

参考文献:

- [1] 刘红星,刘姝,刘俊蓉.大负荷训练对男子柔道运动员血清睾酮、皮质醇及血红蛋白的影响[J].中国体育科技,2009(4):18-20.
- [2] 冯燕.游泳运动员大负荷训练中心理、生理疲劳和应对方式[J].天津体育学院学报,2004,19(3):54-56.
- [3] 郎健,孟繁斌,李革.关于疲劳与恢复的探讨[J].首都体育学院学报,2003,15(1):96-98.
- [4] 冯燕.女游泳运动员大负荷训练中的情绪和应对方式[J].中国体育科技,2004,40(4):27-30.
- [5] 宋国萍,赵仑,张侃.连续10小时驾驶对非随意注意的影响[J].航天医学与医学工程,2006,19(2):147-149.
- [6] 吕静.脑力疲劳状态下注意特征及情绪变化的ERP研究[D].西安:第四军医大学,2008.
- [7] 魏景汉,阎克乐等著.认知神经科学基础[M].北京:人民教育出版社,2008:31-52.
- [8] Stagg C, Hindley P, Tales A, et al. (2004). Visual mismatch negativity: the detection of stimulus change[J]. *Neuroreport*, 15(4): 659-663.
- [9] Schweizer K. (2001). Preattentive processing and cognitive ability[J]. *Intelligence*, 29(2): 169-186.
- [10] Elton M, Spaan M, Ridderinkhof K R. (2004). Why do we produce errors of commission? An ERP study of stimulus deviance detection and error monitoring in a choice go/no - go task[J]. *European Journal of Neuroscience*, 20(7): 1960-1968.
- [11] 赵仑.ERPs实验教程[M].南京:东南大学出版社,2010:54-55.
- [12] 万育辰.脑疲劳对注意能力影响的ERP研究[D].西安:第四军医大学,2011.
- [13] 李俊楠.脑力疲劳影响视觉前注意加工的ERP研究[D].西安:陕西师范大学,2011.
- [14] 杨博.长时间持续警戒任务下脑力疲劳对前注意和注意加工能力影响的ERP研究[D].西安:第四军医大学,2013.
- [15] Evstigneeva M D, Alexandrov A A, Mathiassen S E, et al. (2010). Muscle contraction force and fatigue: effects on mismatch negativity[J]. *NeuroReport*, 21(18): 1152-1156.
- [16] 王峥.射箭与篮球运动员脑自动化加工的事件相关电位研究[D].北京:首都体育学院,2008.
- [17] 魏景汉,罗跃嘉.认知事件相关电位教程[M].北京:经济日报出版社,2000:28-32.
- [18] Woldorff M G, Hillyard S A, Gallen C C, et al. (1998). Magnetoencephalographic recordings demonstrate attentional modulation of mismatch - related neural activity in human auditory cortex[J]. *Psychophysiology*, 35(3): 283-292.
- [19] Raz A, Deouell L Y, Bentin S. (2001). Is pre - attentive processing compromised by prolonged wakefulness? Effects of total sleep deprivation on the mismatch negativity[J]. *Psychophysiology*, 38(5): 787-795.
- [20] Rinne T, Alho K, Ilmoniemi R J, Virtanen J, Näätänen R. (2000). Separate time behaviors of the temporal and frontal mismatch negativity sources[J]. *Neuroimage*, 12(1):14-19.

(责任编辑:何聪)