

球路预期自动加工的初步研究：来自 ERPs 的证据

金花^{1,2}, 高宏巍³, 徐贵平², 周海肖², 林慧妍²,
王树芳⁴, 程勇民⁵, 林崇德¹

(1.北京师范大学 发展心理研究所, 北京 100875; 2.华南师范大学 心理应用研究中心, 广东 广州 510631;
3.南海信息技术学校, 广东 佛山 528225; 4.广东实验中学南海学校, 广东 佛山 528244;
5.国家羽毛球队, 北京 100061)

摘要: 以有预期能力的专业羽毛球运动员为对象, 采用启动范式, 以目标项诱发的的事件相关电位中的 P300 为指标探讨了球路预期的自动化假设。实验先向被试者呈现一段羽毛球运动录像(启动项), 被试者可从录像中提取有效的线索预测球的落点; 随后屏幕中随机出现白色正方形(目标项)或是白色三角形, 要求被试者在看到目标项时尽快作出按键反应。结果发现, 当目标项出现的位置与启动项中可预期的羽毛球落点位置不一致时, 被试者产生的 P300 显著大于一致时, 表明启动项对目标项的识别存在启动效应, 结果提示球路预期过程可能属于自动加工过程。

关键词: 运动心理学; 球路预期; 事件相关电位; 羽毛球; 自动加工

中图分类号: G804.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2013)03-0103-05

A preliminary study of the automatic processing of ball trajectory anticipation: evidence from ERPs

JIN Hua^{1,2}, GAO Hong-wei³, XU Gui-ping², ZHOU Hai-xiao², LIN Hui-yan²,
WANG Shu-fang⁴, CHENG Yong-min⁵, LIN Chong-de¹

(1. Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;
2. Center for Studies of Psychological Application, South China Normal University, Guangzhou 510631, China;
3. Nanhai Information Technology School, Foshan 528225, China;
4. Guangdong Experimental Nanhai School, Foshan 528244, China;
5. National Badminton Team of China, Beijing 100061, China)

Abstract: Basing their research subject on professional badminton players with an anticipation ability, the authors probed into the hypothesis of automation of ball trajectory anticipation by using a starting pattern and by basing the index on P300 in the event related potential triggered by the target item. During the experiment, first the testees watched a badminton video clip (initiation item), from which they can pick a valid clue to predict the ball landing spot; then a white square or triangle (target item) appeared on the screen randomly, the testees were asked to press the button as soon as they see the target item. The results revealed that when the target item appearing position and the badminton ball landing position predictable in the initiation item were inconsistent, the P300 produced by the testees was significantly higher than that produced when the two positions were consistent, which means that there is an initiation effect in the identification of the initiation item and the target item. The results suggested that the process of ball trajectory anticipation might be a process of automatic processing.

Key words: sports psychology; ball trajectory anticipation; event-related potential; badminton; automatic processing

收稿日期: 2012-06-09

基金项目: 国家自然科学基金(30770730); 国家基础科学人才培养基金“华南师范大学心理学基地”(J1030729)。

作者简介: 金花(1967-), 女, 教授, 博士, 博士研究生导师, 研究方向: 认知神经科学。

球路预期能力是球类项目高水平运动员致胜的关键因素。自 1978 年 Jones 等^[1]应用电影模拟的时间定格技术探讨了网球运动员的球路预期能力以来,动作预期能力的特征研究引起了学者们的高度重视,研究项目几乎涵盖了所有的球类项目(足球、排球、篮球、乒乓球、网球、羽毛球、冰球、曲棍球、棒球、手球、台球),同时还扩展到了其他的对抗性项目(如击剑、体操、拳击、柔道以及棋类项目等)。研究焦点也从最初的运动员是否存在动作预期优势的表层问题^[2-8]转移到了更深层次的内容上,如提高预期能力的训练模型研究^[9-12]、这一预期优势潜在的认知^[13-14]和神经机制^[15-19]等。

然而,关于这一类动作预期的加工性质,即动作预期过程是否是自动化进行的问题极少得到关注。真实运动情境下,运动员必须尽可能快速地从复杂情景中提取有效线索对球的落点作出较为准确的推理,并做好回击前的准备。理论上,在这样一种极短时间压力下提取复杂动态情景中的动态信息,来完成结果推理的过程很难通过意识完成。相关的实证研究也为这一思辨的结论提供了间接的证据。如程勇民^[20]研究发现,羽毛球运动员的选择反应时为 486.4(99.95) ms,而双打比赛中球离拍后在场内飞行时间不超过 413.33(50.74) ms。这一问题在直觉思维或是直觉决策研究中有所涉及^[21-22],但尚缺乏更有效的实验数据的支持。

为此,本研究采用启动范式和事件相关电位中的 P300 成分为指标,考察没有外显预期任务要求下,球路预期是否会自动产生。实验首先呈现录像片段(启动项),录像消失后会出现一个正方形(目标项)或是三角形(无关项),要求被试者见到正方形出现时尽快作出按键反应。正方形有时出现在与录像为球落点提供的运动线索相近的位置(一致条件),有时出现在较远的位置(不一致条件)。假设实验没有明确要求被试者对启动项中球的落点作出预期判断,但如果优秀运动员专业领域内的动作预期是自动进行的,那么录像的观看即能诱发运动员自动进行球落点的推理,并对后继出现的目标项的识别产生启动效应。表现在行为学上,如果目标项出现位置与启动项中球落点位置一致时,反应时较短;而如果目标项出现位置与启动项中球落点位置不一致时,反应时较长。表现在神经活动上,事件相关电位中的 P300 波幅反映了资源的分配,当被试者对任务付出更多的努力时,P300 波幅也会增大^[23]。结合本实验,目标项出现位置与启动项中球落点位置不一致时,被试者需要付出较二者位置一致时更大的认知资源才能检测到目标项的出现,P300 波幅也就较目标项与启动项中球落点位置一致时要大。

1 研究对象与方法

1.1 被试者

18 名专业羽毛球运动员(9 名女性)参加了本实验,平均年龄 21.3 岁。所有被试者均为右利手,视力正常或矫正后正常,无色盲以及精神病或者神经病史。全部被试者均签署了实验知情同意书。

在采集 EEG 数据前,被试者先完成有关个体运动经历的问卷调查。入选被试者符合以下条件:为省队、市队或高校的现役羽毛球运动员,至少有 5 年的羽毛球训练史,近 5 年来每周训练 3 次以上,每次训练时间超过 2 h。

1.2 实验材料

实验材料分启动项和目标项 2 类。启动项为录像片段。为了保证实验具有较好的生态效度,实验以世界高水平羽毛球单打竞赛的录像为原材料,从中截取比赛情景单一动作的录像片段(wmv 格式)。启动项按其长度为分“信息贫乏”和“信息丰富”2 类条件,信息贫乏条件下,录像的定格时间为屏幕上方队员的球拍击球瞬间,球尚未飞出,录像播放时间为 480 ms。信息丰富条件下,录像定格时间为屏幕上方队员击球以后,球已飞过球网,录像播放时间为 1 240 ms。2 类条件各 40 个片段,随机重复 4 次;总计 320 个录像片段(启动项)。在 2 个条件下,球在 4 个位置(左前,右前,左后,右后)的真实落点是平衡的。目标项为出现在羽毛球背景中的正方形或是三角形。目标项按其出现的位置与启动项中球落点位置的一致性分为一致和不一致 2 个水平。

1.3 实验设计

2 因素被试内设计。因素 1 是启动项的信息量(贫乏和丰富),因素 2 是目标项出现位置与启动项中球落点的一致性(一致和不一致)。因变量是被试目标项反应的反应时、正确率以及目标项诱发的事件相关电位的晚成分 P300 的波幅和潜伏期。

1.4 实验程序

被试者坐在隔音室一张舒适的椅子上,两眼注视屏幕中心,眼睛距离电脑屏幕 95 cm,水平视角 14.5°,垂直视角 10.8°。电脑刷新频率是 50 Hz,分辨率 1 024 × 768。实验开始时首先在屏幕中央呈现白色“+”号,持续 1 000 ms,接着随机呈现 2 类录像片段,要求被试者认真观看视频,视频结束后间隔 200 ms,在屏幕中随机出现白色正方形或是白色三角形,呈现时间为 50 ms,要求被试者在看到白色正方形(或者白色三角形)的时候尽可能又快又准地按“B”键,被试者对三角形和正方形的按键反应在被试者间平衡,被试者按键反应后,有 1 000-1 500 ms 的空屏作为随机间隔。

图 1 为实验流程图。

被试者左右手按键在被试间平衡。实验中有 4 次休息，休息时间由被试者自己控制。正式实验之前被试者先进行 16 个片段的练习以熟悉实验程序和了解实验要求。

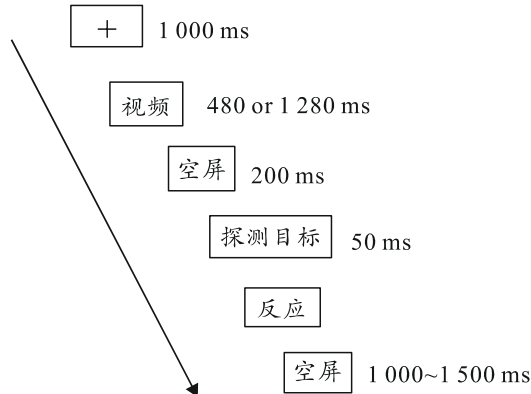


图 1 实验流程示意图

1.5 脑电记录和 ERP 数据分析

实验仪器为 NeuroScan ERP 工作站。记录电极固定于 32 导电极帽。将 A1 电极置于左耳乳突为参考电极点，同时 A2 电极置于右耳乳突，形成单极导联。垂直眼电(VEOG)置于左眼上下眼眶。DC 采样，频带宽度 0.1~100 Hz，采样率 500 Hz，32-Bit 采样，在线陷波(50 Hz)。头皮电阻小于 5 kΩ。

离线分析时以置于右乳突的有效电极进行再参考，即从各导联信号中减去 1/2 该参考电极所记录的信号。分析时程为 1000 ms，刺激前 200 ms 到刺激后 800 ms，基线为刺激前 200 ms。分别对反应状态下一致和不一致条件下目标项诱发的事件相关电位进行平均叠加。自动矫正眨眼伪迹，伪迹使脑电电压超过 100 μV 的脑电事件在平均叠加前被剔除，20 Hz 低通滤波。

2 结果与分析

实验删除反应时间在 3 个标准差以外以及准确率低于 97% 的数据，最终进入行为和脑电分析的被试者有 16 人。

2.1 行为结果

图 2 和图 3 为不同条件下被试者对目标项的反应时和反应准确率。对反应时和准确率进行两因素重复测量方差分析，结果没有发现任何的主效应或是交互作用。反应时信息量主效应不显著($F(1, 15)=2.902, P>0.1$)，一致性主效应不显著($F(1, 15)=0.052, P>0.1$)，两者交互作用也不显著($F(1, 15)=0.768, P=0.395$)。准确率信息量主效应不显著($F(1, 15)=1.000, P>0.1$)，一

致性主效应不显著($F(1, 15)=1.000, P>0.1$)，两者交互作用也不显著($F(1, 15)=1.000, P>0.1$)。

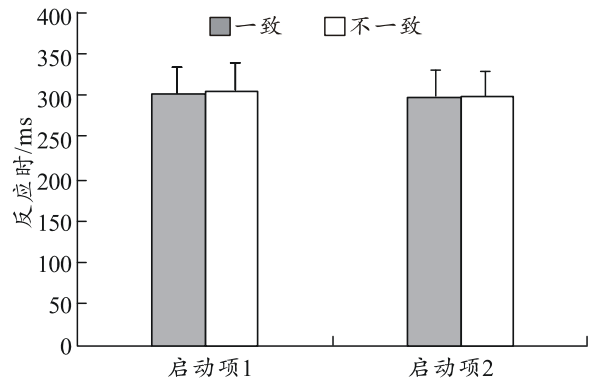


图 2 不同条件下被试者对目标项的反应时

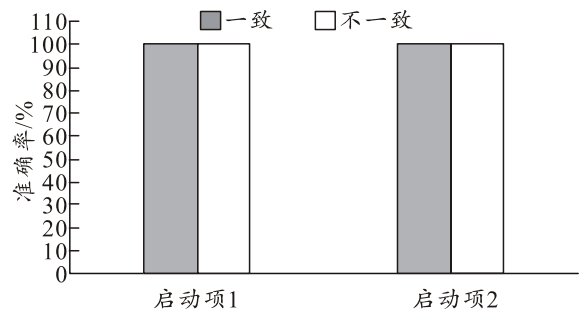


图 3 不同条件下被试者对目标项的反应准确率

2.2 ERP 结果

图 4 为目标项在 Pz 诱发的总平均波形图。从图 4 可见一清晰的 P300，峰值潜伏期约为 350 ms。结合经典 P300 成分的头皮分布特点，我们选择顶部的 6 个电极(P3、Pz、P4、CP3、CPz、CP4)对 P300 的峰值和潜伏期进行分析。采用 Greenhouse-Geisser 法矫正。

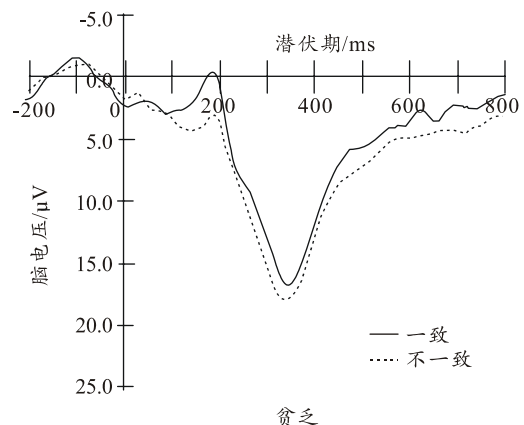


图 4 各实验条件下反应目标项在 Pz 点上诱发的相关电位总平均波形

对 P300 在这 6 个电极点的平均潜伏期和波幅分别方差分析。结果发现，信息量和一致性的交互作用

($F(1, 15)=0.06, P>0.05, \eta^2<0.01$)以及信息量的主效应($F(1, 15)=0.08, P>0.05, \eta^2<0.01$)不显著。一致性主效应差异不显著($F(1, 15)=3.87, P>0.05, \eta^2=0.21$)。

对波幅值的统计检验发现,信息量和一致性的交互作用不显著($F(1, 15)=0.23, P>0.05, \eta^2=0.02$)。信息量的主效应非常显著($F(1, 15)=12.04, P<0.01, \eta^2=0.45$),信息量丰富的波幅($18.88 \pm 3.18 \mu V$)显著大于信息量贫乏的波幅($16.42 \pm 3.21 \mu V$);一致性的主效应显著($F(1, 15)=9.98, P<0.01, \eta^2=0.40$),不一致的波幅($18.36 \pm 3.49 \mu V$)显著大于一致的波幅($16.94 \pm 3.20 \mu V$)。

3 讨论

本研究采用启动范式和事件相关电位中的 P300 为指标来验证球路预期的自动化加工。行为学上没有观察到一致性效应,被试者一致和不一致条件下的反应时没有显著性差异,行为学数据似乎不支持球路预期自动化的假设。然而,对心理变化更为敏感的事件相关电位的数据似乎又支持球路预期自动化的假设,对目标项产生的 P300 的分析得到了显著的一致性效应。目标项出现的位置与基于录像线索预期的羽毛球落点位置不一致时,被试者产生的 P300 应显著大于一致时。

P300 的波幅反映了目标分辨过程中与注意和记忆有关的脑活动^[24-25],受注意和记忆二个因素的交互影响。如果任务所需的注意资源较少,则 P300 的波幅较小^[26-27];相反,记忆再认较好时 P300 波幅增强^[28-29]。本实验观察到的 P300 波幅的一致性效应可用注意资源的分配来解释。在本实验范式下,启动项的出现诱发了专业运动员对球路的自动预期或是推测,球的落点虽然没有被真实地呈现,但被试者知觉到的球的空间位置已沿着球隐含运动方向向前偏移到了落点处;此时,如果目标项出现位置与球落点一致,被试者只需付出较少的注意资源就可以识别目标物并作出按键反应,因此产生较小的 P300 波幅。而如果目标项出现位置与球落点不一致,被试者需付出较多的注意资源才能识别目标物体并作出行为反应,因此产生较大的 P300 波幅。相反,如果启动项没有诱发专业运动员对球路的自动预期;那么,对于目标项的识别来说,它仅是一个无关刺激,不影响被试者对目标项的识别。如此,鉴于本实验中目标项的出现位置是随机平衡的,所以被试者识别目标项的行为能力和神经活动不可能因为它的出现位置不同而出现差异。可以认为,本实验观察到的 P300 波幅的一致性效应提示着动作预期的自动产生。

此外,本实验还观察到了启动项的信息量对目标

项识别的影响,当启动项包含丰富的预期信息时,目标项识别过程产生更大的 P300 波幅。P300 的这种信息量效应可能与信息丰富条件下被试者可以更好地再认运动场景有关。Yarrow 等^[30]认为运动预期信息的提取与高度发展的领域特异性的记忆结构有关。长期的专业经历使得运动员可能在长时记忆里贮存有大量比赛相关的场景,基于这些记忆,运动员能快速地对某一真实的场景进行识别和归类,从而快速有效地对当前场景中的动作作出结果预期。本实验在信息丰富条件下,录像截停前球已完成约 2/3 的飞行轨迹,被试者可以利用的预期线索显著多于信息贫乏条件下,能更好地将知觉到的场景信息和长时记忆中的信息进行匹配从而作出更准确的判断,我们前期实验也证明了这种可能,被试者在信息丰富条件下的预测准确率显著高于信息贫乏条件下的^[31]。

本研究采用启动范式、以事件相关电位中的 P300 为指标验证了“球路预期自动进行”的假设。行为学指标没有发现显著的启动效应,但对心理变化更为敏感的脑电指标发现了显著的启动效应,当目标项出现的位置与启动项中可预期的羽毛球落点位置不一致时,被试者产生的 P300 应显著大于一致时,结果符合球路预期自动化的假设。

参考文献:

- [1] Jones C M, Miles T R. Use of advance cues in predicting the flight of a lawn tennis ball[J]. *Journal of Human Movement Studies*, 1978, 4: 231-235.
- [2] Abernethy B. Anticipation in squash: differences in advance cue utilization between expert and novice players [J]. *Journal of Sports Sciences*, 1990, 8: 17-34.
- [3] Laurent E., Ward P, Williams A M, et al. Expertise in basketball modifies perceptual discrimination abilities, underlying cognitive processes, and visual behaviours[J]. *Visual Cognition*, 2006, 13: 247-271.
- [4] Shim J, Carlton L G, Kwon Y H. Perception of kinematic characteristics of tennis strokes for anticipating stroke type and direction[J]. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2006, 77: 326-339.
- [5] Singer R N, Cauraugh J H, Chen D, et al. Visual search, anticipation, and reactive comparisons between highly skilled and beginning tennis players[J]. *Journal of Applied Sport Psychology*, 1996, 8: 9-26.
- [6] Ward P, Williams A M, Bennett S J. Visual search and biological motion perception in tennis[J]. *Research*

- Quarterly for Exercise and Sport, 2002, 73: 107-112.
- [7] Williams A M, Davids K. Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer[J]. Research Quarterly for Exercise and Sport, 1998, 69: 111-128.
- [8] Williams A M, Huys R, Cañal-Bruland R, et al. The dynamical information underpinning anticipation skill[J]. Human Movement Science, 2009, 28: 362-370.
- [9] McMorris T, Hauxwell B. Improving anticipation of soccer goalkeepers using video observation[G]//Reilly T, Bangsbo J, Hughes M. Science and football III. London: E. & F.N.Spon, 1997: 290-294.
- [10] Williams A M, Burwitz L. Advance cue utilization in soccer[G]//Reilly T, Clarys J, & Stibbe A. Science and football III. London: E. & F.N.Spon, 1993: 239-244.
- [11] Starkes J L, Lindley S. Can we hasten expertise by video simulations?[J]. Quest, 1994, 46: 211-222.
- [12] Raab M, Masters R S W, Maxwell J P. Improving the how and what decisions of elite table tennis players[J]. Human Movement Science, 2005, 24: 326-334.
- [13] Goulet C, Bard C, Fleury M. Expertise differences in preparing to return a tennis serve: a visual information processing approach[J]. Journal of Sport and Exercise Psychology, 1989, 11: 382-398.
- [14] Shank M D, Haywood K M. Eye movements while viewing a baseball pitch[J]. Perceptual and Motory Skills, 1987, 64: 1191-1197.
- [15] Radlo S J, Janelle C M, Barba D A, et al. Perceptual decision making for baseball pitch recognition: using P300 latency and amplitude to index attentional processing[J]. Research Quarterly for Exercise and Sport, 2001, 72: 22-31.
- [16] Taliep M S, Gibson A, St C, et al. Event-related potentials, reaction time, and response selection of skilled and less-skilled cricket batsmen[J]. Perception, 2008, 37: 96-105.
- [17] Wright M J, Jackson R C. Brain regions concerned with perceptual skills in tennis: an fMRI study[J]. International Journal of Psychophysiology, 2007, 63: 214-220.
- [18] Wright M J, Bishop D T, Jackson R C, et al. Functional MRI reveals expert-novice differences during sport-related anticipation[J]. Neuro Report, 2010, 21: 94-98.
- [19] Jin H, Xu G, Zhang J X, et al. Event-related potential effects of superior action anticipation in professional badminton players[J]. Neuroscience Letters, 2011, 492: 139-144.
- [20] 程勇民. 羽毛球男子双打多球训练规律的研究[J]. 中国体育科技, 2006, 42(1): 102-106.
- [21] 王斌. 运动直觉研究述评[J]. 成都体育学院学报 2002, 28(6): 87-89.
- [22] 王显忠. 对篮球运动员直觉思维的研究[J]. 黑龙江科技信息, 2011(24): 199.
- [23] 事件相关电位基础[M]. 范思陆, 丁玉琬, 曲折, 傅世敏, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2009.
- [24] Kok A. Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: a review and synthesis[J]. Biological Psychology, 1997, 45: 19-56.
- [25] Kramer A F, Strayer D L. Assessing the development of automatic processing: an application of dual-task and event-related brain potential methodologies [J]. Biological Psychology, 1988, 26: 231-267.
- [26] Kutas M, McCarthy G, Donchin E. Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time [J]. Science, 1977, 197: 792-795.
- [27] Duncan-Johnson C C, Donchin E. The P300 component of the event-related brain potential as an index of information processing[J]. Biological Psychology, 1982, 14: 1-52.
- [28] Mecklinger A, Kramer A F, Strayer D L, Event related potentials and EEG components in a semantic memory search task[J]. Psychophysiology, 1992, 29: 104-119.
- [29] Shucard J L, Tekok-Kilic A, Shiels K, et al. Stage and load effects on ERP topography during verbal and spatial working memory[J]. Brain Research, 2009, 1254: 49-62.
- [30] Yarrow K, Brown P, Krakauer J W. Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports[J]. Nature Reviews Neuroscience, 2009, 10: 585-596.
- [31] Jin H, Xu G, Zhang J X, et al. Athletic training in badminton players modulates the early C1 component of visual evoked potentials: a preliminary investigation[J]. International Journal of Psychophysiology, 2010, 78: 308-314.