

测谎的 ERP 研究进展与趋势

胡晓晴, 傅根跃

(浙江师范大学心理系, 浙江 金华 321004)

【摘要】 本文回顾了近二十年的 ERP 测谎研究,介绍了当前 ERP 测谎的原理、范式以及个体鉴别技术。另外介绍了 ERP 测谎中的反测谎研究及其应对策略。最后就拓展现有 ERP 测谎的范式,重视情绪在测谎中的作用,加强实验室实验和现场实验这些 ERP 测谎研究中面临的问题进行了探讨。

【关键词】 测谎; ERP; P300; 犯罪知识测试(GKT); 反测谎

中图分类号: R395.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3611(2009)02-0194-03

Event-related Potentials in Deception Detection: A Review

HU Xiao-qing, FU Gen-yue

Zhejiang Normal University, Department of Psychology, Jinhua 321004, China

【Abstract】 Based on previous studies focus on uncovering concealed information using event-related potentials, this article introduced the rationale, paradigm and individual diagnostic techniques used in P300 Guilty Knowledge Test studies. In addition, the article presented the possible influence of countermeasures in P300-GKT and the newly developed Complex Trail Protocol (CTP) which was believed as a valid paradigm in resisting countermeasures. Finally, this article discussed the issues needed to be addressed in the future: how to expand the current paradigm used in ERP-base lie detection, pay more attention to emotion which plays a role in deception and deception detection, and the need to further intensify lab studies as well as field studies.

【Key words】 Lie detection; ERP; P300; Guilty Knowledge Test; Countermeasures

心理生理测谎是通过测量、记录、分析被试的生理指标的变化来推断其是在说谎还是诚实的测谎方法^[1],其往往通过设计一系列问题或多项选择让被试进行反应,利用仪器记录被试回答过程中伴随的生理反应并分析来推断被试是否在犯罪相关问题上说谎或隐瞒信息^[2,3]。此前研究最多的多导生理仪(polygraph)测谎记录的是如心跳,呼吸,皮肤电等外周生理指标,其不仅结果易受多种因素影响^[2,3],而且也难以深入探究说谎的神经机制。于是,研究者开始使用直接观察大脑活动且具有高时间分辨率的事件相关电位(event-related potential,ERP)进行测谎研究。目前有人已将ERP测谎推向了应用领域,例如Brain Fingerprinting®公司将其ERP测谎技术申请为专利,并且声称在美国联邦调查局和政府机构进行的研究及应用中达到了100%的精确率^[4]。但事实上,虽然当今的ERP测谎在实验室中取得了一定的成果,但距离成熟可靠的应用尚缺乏足够的实证研究支持^[5,6]。鉴于此状况,本文将对现有测谎的ERP研究做一回顾,并讨论未来可能的发展趋势和有待解决的问题,为今后的研究提供参考。

1 ERP 测谎的原理、范式及个体鉴别技术

1.1 和 GKT 结合的 ERP 测谎原理

犯罪知识测试(guilty knowledge test, GKT)是由一系列多项选择题构成。每一个多项选择中有一项为和犯罪相关的信息,即犯罪知识,其他则为和犯罪无关的信息。研究者假设犯

罪场景中的特定信息如犯罪时间,地点,作案工具等,仅为犯罪者和审问方知道。如果嫌疑人在回答问题时对犯罪知识表现出和无关信息显著不同的反应,即说明该嫌疑人熟悉犯罪信息,从而推断其为犯罪者。在ERP成分中,P300(又称P3b)的波幅反映了工作记忆中背景更新(context updating)的程度^[8],往往由刺激序列中小概率出现的,对被试而言熟悉的,有意义的刺激诱发。P300-GKT测谎实际上是根据P300体现了被试对刺激信息的再认或者刺激对被试的意义性来判断被试和犯罪知识之间关系,从而推断其是否为犯罪者的测试。其基本原理为:如果被试对和犯罪相关的信息表现出了显著的P300,那么说明该信息对被试来说是熟悉的、有意义的,从而推断其为犯罪者;同时,对无辜者来说,由于没有接触过犯罪场景,其对犯罪知识选项不会产生显著的P300。

1.2 P300-GKT 的测谎范式

P300-GKT中,合适的刺激编排方式和实验任务是保证测谎中犯罪信息诱发显著的P300的重要条件。P300作为内源性ERP成分,其波幅和刺激出现概率,被试对刺激出现的主观期望,任务难度及认知负荷,刺激对被试的意义,注意资源分配等多个因素密切相关^[9]。一般来说,研究者采用诱发P300的经典oddball范式进行测谎。在该范式中,刺激可以分为三类,一是以小概率呈现的被试试图隐瞒或说谎的信息,可以为模拟犯罪场景中的犯罪知识,或者为要求被试熟记的单词、照片、姓名等,称为探测刺激(probe),这类信息由于小概率出现而且对说谎者有特殊意义,因此会在说谎者身上诱发显著的P300;第二类刺激是大概率呈现的和犯罪无关的无关刺激(irrelevant),由于其出现频率多且对被试没有特殊含

【基金项目】 国家自然科学基金项目(30670696)

通讯作者:傅根跃

义,因此不会诱发 P300;最后一类为和犯罪无关,但为了保证被试在测谎中配合和注意而设置的靶刺激(target),被试需要对靶刺激执行一个特异反应,从而靶刺激会诱发显著的 P300。该范式为当前 P300 测谎研究的主要范式^[10-12]。

1.3 P300 测谎鉴别技术

测谎的目的是对单一个体进行其是否在说谎的判断,所以测谎的 ERP 研究需关注单个被试内的探测刺激和无关刺激的 P300 是否存在显著差异。这里的指标主要有 P300 波幅(amplitude)、波面积(magnitude)和潜伏期(latency)等。另外,研究者使用了靴值分析技术(bootstrap analysis)从原始的 ERP 波形中重复取样并叠加,直至形成一个分布,并利用此分布来对探测刺激和无关刺激的 P300 进行统计检验。靴值分析就其本质上说是一种非参数的统计手段,其应用相当灵活,除了分析 ERP 波幅或潜伏期外,也可以就反应时进行类似分析^[13]。

使用靴值分析的个人判断方法主要有建立在比较 P300 波幅基础上的靴值波幅差异(bootstrap amplitude difference BAD)法和靴值波幅相关差异(bootstrap correlation difference BCD)法。前者主要比较探测刺激和无关刺激的 P300 波幅差^[14,15]。其假设犯罪者对探测刺激的 P300 波幅显著大于对无关刺激的 P300 波幅。后者则比较靶刺激和探测刺激的 P300 波幅相关 $r(T, P)$,与靶刺激和无关刺激的 P300 波幅相关 $r(T, I)$ 两者的差异。根据 P300-GKT 的假设,所有被试的 $r(T, I)$ 应为低;但犯罪者的 $r(T, P)$ 为高,同时对无辜者来说 $r(T, P)$ 依然低。所以如果被试的 $r(T, P)$ 显著大于 $r(T, I)$,则说明该被试为犯罪者^[11,14]。有研究^[14]比较了这两种技术在个人判断率上的有效性,结果发现在保证最低的假阳性率时,BCD 略高于 BAD。

除了利用靴值取样技术从而在概率水平上解决个人判断率外,还有研究者使用多个指标的结合来进行个人判断。如周亮等人^[16]结合说谎者对犯罪信息的 P300 的波幅、波面积和潜伏期三项指标建立 Fisher 判别方程,结果达到了 100% 的鉴别率。这里,探测刺激 P300 的潜伏期显著长于靶刺激和无关刺激,可能是因为需要对探测刺激说谎而导致对其评估时间增加从而造成了潜伏期的增加。

解决测谎的个人鉴别率是 ERP 测谎的重难点。除了以上介绍的技术方法,还有贝耶斯统计法^[12],小波分析(wavelet analysis)^[14]等。从现有研究结果来看以上各种分析技术或指标尚没有绝对的高下之分,而且对于不同的实验条件最有效的方法也会有所不同,而尝试多种技术和指标的结合可能会达到更优的鉴别率并更好保护无辜者。

2 反测谎对 ERP 测谎的影响及应对策略

此前多导生理仪测谎的饱受批评的一点是其结果易受反测谎的影响^[2,3]。尽管从一开始人们认为 ERP 测谎不受反测谎的威胁,但随后的研究相继发现反测谎可以显著降低 P300 测谎的阳性率^[17,18]。其策略是将无关刺激和特定任务相关(task-relevant)来增强被试对无关刺激的 P300 波幅;同时由于被试增加了对无关刺激的反应,导致了任务难度加大而分

散认知资源又降低了探测刺激的 P300 波幅,最终使得探测刺激和无关刺激的 P300 波幅差异变得不明显^[17]。例如在 Rosenfeld 等人的研究中,被试被要求分别对 6 个类别的无关刺激进行某一动作反应(如动一下左脚大拇指)或进行联想(如想象别人扇了自己一个耳光)。通过将无关刺激和任务进行相关,使得被试对无关刺激的 P300 也显著增强从而干扰了 P300 测谎。该研究表明,使用了反测谎的犯罪组阳性率仅为 18%,大大低于没有使用反测谎犯罪组中 82% 的阳性率。

Mertens 等人^[18]延续了 Rosenfeld 的研究,其在电脑上设置了虚拟情景(virtual environment)要求被试在虚拟空间中进行模拟犯罪。这里 Mertens 等人将反测谎从对无关刺激进行任务相关扩展到对靶刺激进行任务相关。结果证明,即使被试仅仅对靶刺激进行特定任务相关,如想象被扇了耳光,或者压一下脚趾,由此造成的认知资源分散也会显著降低犯罪者对探测刺激的 P300 波幅。其研究中 P300 在鉴别反测谎的犯罪组中阳性率仅在 7%~27% 之间。

针对反测谎的威胁,Rosenfeld 等人^[19]最近设计了新的范式来抵抗反测谎的影响。在该范式中没有靶刺激类别,仅有探测刺激和无关刺激,出现概率为 1:4。和前面研究范式所不同的是,被试需要对出现的刺激进行 2 个反应:第一个反应为简单反应,表示其看到了该刺激;第二个反应为辨别反应,被试需要对该刺激的颜色进行辨别。这样设置的益处有三点:①由于第一个反应为简单反应,被试需要集中注意力来侦测出现的刺激,这样可以保证对熟悉刺激 P300 的出现;②因为使用反测谎会使得被试的简单反应时大大延长从而被发现,所以被试不能使用反测谎或使用反测谎但会被鉴别出来;③第二个辨别反应使得被试需要主动辨别刺激的颜色,从而避免了被试不加区分地对刺激进行反应。由于对一个刺激要进行两次反应,Rosenfeld 等人将其称为复合反应范式(complex trial protocol CTP)。其研究结果表明该范式不仅可以发现试图使用反测谎的被试,而且对犯罪者的鉴别率也达到了 90% 以上。

3 评价与展望

虽然目前 P300 测谎在实验室研究中取得了一定的进展,但其在研究中遇到的一系列问题也需要在未来研究加以重视。

第一,ERP 测谎的范式还需要加以拓展。当前 ERP 测谎研究基本上是以 P300 为指标,GKT 和 oddball 范式结合进行测谎。但 GKT 的一大缺点在于其需要具体的且没有被泄漏出去的犯罪关键信息作为测试问题,而这一点在实际应用中是很难保证的^[20]。另外 GKT 测试的成功与否也依赖于被试对探测刺激的记忆水平或探测刺激对被试的意义程度。当犯罪者对犯罪知识的记忆比较模糊时,测谎的成功率是不高的。最近的几项研究也发现,P300 对新近习得信息如模拟犯罪细节或他人姓名的鉴别率仅为 47%,52%,43%^[21-23]。因此,仅仅从探测真实信息角度进行测谎会限制测谎的应用范围,更何况说谎并不仅仅涉及对真实信息的否认。所以,无论从应用还是理论上来看,ERP 测谎都需拓展当今的研究范式。最近有

研究从说谎作为一种决策过程的角度出发,认为说谎者在受刺激的评价、归类后需要做出是否对该信息说谎的决定,这个过程 CNV 显著增强,该结果被认为是由说谎时说谎者增强的动机以及对说谎是否成功存在不确定性所致^[24]。总之,从说谎涉及的抑制及选择反应,冲突检测并解决以及决策过程出发,可以拓宽目前仅局限于对犯罪信息再认的 P300 测谎的范式。

第二,情绪的影响。说谎涉及的利害关系会反映在被试的情绪反应上,在当今认知神经科学日益重视考察认知和情绪交互作用的神经机制背景下,应该重视考察说谎时被试情绪的变化以及情绪对测谎的影响。虽然目前直接涉及说谎或测谎时情绪反应的 ERP 研究并不多,但 P300 也被认为和情绪紧密相关。另有研究^[25]发现和说谎联系的 MFN,也可能反映了人对反应结果是否和预期一致的评价,和情绪活动密切相关。以此出发可能可以对伴随说谎的情感体验或个体对说谎成功与否的评价和由此引发的情绪反应进行研究。

第三,继续加强实验室研究,并注重和现场研究的统一。目前 ERP 测谎在鉴别说谎者的阳性率上和之前相比出现了反复^[17,18,21-23]。结果的不一致说明 ERP 测谎的信效度还有待提高,这需要研究者继续对 ERP 测谎的原理、指标及其可能的影响因素进行更深入的研究,以加强 ERP 测谎的理论基础。从应用来说,致力于 ERP 测谎应用的 Brain Fingerprinting[®] 公司宣称其专利:记忆和编码相关多面脑电反应 MERMER[®] 在测谎中达到 100% 鉴别率, MERMER[®] 被伊荷华州法庭接纳为关键证据为一名被诬告的嫌疑人洗脱了罪名^[4]。但实际上,根据决定科学证据准入性的 Daubert 标准^[26],首先 MERMER[®] 测谎的信效度尚未被科学地证实;其次该技术和研究结果并未在接受同行评议的心理生理学、认知神经科学等相关学术期刊上发表;再次虽然 P300 得到了大量研究支持和科学界的广泛认同,但基于 P300 的测谎,包括 MERMER[®] 测谎仍都处于研究阶段;最后该测试的犯错概率仍不能有效界定。因此 MERMER[®] 并不符合成为法庭科学证据的标准。总的来说,造成 MERMER[®] 或 ERP 测谎结果仍有争议的最主要原因在于其仍缺乏实证研究的支持。因此当前仍需要进一步加强实验室研究来探索说谎的认知过程、测谎的原理、有效性和犯错概率,并在此基础上增加现场研究以检验其生态效度最终达到为社会服务的目的。

参 考 文 献

- Furedy JJ, Davis C, Gurevich M. Differentiation of Deception as a psychological process: A psychophysiological approach. *Psychophysiology*, 1988, 25(6):683-688
- Bashore TR, Rapp PE. Are there alternatives to traditional polygraph procedure? *Psychological Bulletin*, 1993, 113(1):3-22
- National Research Council. *The polygraph and lie detection*. Washington, DC: National Academies Press, 2003
- <http://www.brainwavesscience.com>
- Knight J. The truth about lying. *Nature*, 2004, 428:692-694
- Rosenfeld JP. "Brain Fingerprinting:" A Critical Analysis. *Scientific Review of Mental Health Practice*, 2005, 4(1):20-37
- Ben-Shakhar G, Elaad E. The Guilty Knowledge Test (GKT) as an application of psychophysiology: Future prospects and obstacles. In Kleiner M. *Handbook of polygraph testing* (Academic Press), 2002. 87-102
- Donchin E, Fabiani M. The use of Event-related brain potentials in the study of memory: Is P300 a measure of event distinctiveness? *Handbook of cognitive psychophysiology: Central and automatic nervous system approaches*, 1986. 471-510
- Johnson R Jr. A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 1986, 23:367-384
- Rosenfeld JP, Cantwell B, Nasman VT, et al. A modified event-related brain potential-based guilty knowledge test. *International Journal of Neuroscience*, 1988, 24:157-161
- Farwell LA, Donchin E. The truth will out: Interrogative polygraph ("lie detection") with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 1991, 28(5):531-547
- Allen JJ, Iacono WG, Danielson KD. The identification of concealed memories using the event-related potential and implicit behavioral measures: A methodology for prediction in the face of individual differences. *Psychophysiology*, 1992, 29:504-522
- Wasserman S, Bockenholt U. Bootstrapping: Applications to psychophysiology. *Psychophysiology*, 1989, 26(2):208-221
- Abootalebi V, Moradi MH, Khalilzadeh MA. A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT. *International Journal of Psychophysiology*, 2006, 62:309-320
- Johnson MM, Rosenfeld JP. Oddball-evoked P300-based method of deception detection in the laboratory II: Utilization of non-selective activation of relevant knowledge. *International Journal of Psychophysiology*, 1992, 12:289-306
- 周亮, 杨文俊, 廖四照, 等. 模拟盗窃者与熟悉现场者在测谎实验中事件相关电位的比较研究. *中国临床心理学杂志*, 2000, 8(1):86-88
- Rosenfeld JP, Soskins M, Bosh G, et al. Simple effective countermeasures to P300-based tests of detection of concealed information. *Psychophysiology*, 2004, 41:205-219
- Mertens R, Allen JJB. The role of psychophysiology in forensic assessments: Deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios. *Psychophysiology*, 2008, 45(2):286-298
- Rosenfeld JP, Labkovsky E, Winograd M, et al. The Complex Trial Protocol (CTP): A new, countermeasure-resistant, accurate P300-based method for detection of concealed information. *Psychophysiology*, 2008

(下转第 181 页)

抑制与信念推理之间的关系更密切,也能够更好地预测信念推理能力的发展。②意图理解与抑制控制的关系。多元回归分析显示意图理解任务可以显著预测儿童的抑制控制能力。但是在以信念推理为因变量的多元回归分析中,意图理解能力却未能进入方程。那么,意图理解、抑制控制与信念推理之间的关系究竟是以一种怎样的方式存在的呢?我们认为造成这种现象的可能解释是:抑制控制与意图理解在信念推理发展中存在潜在的作用,其作用可能是以某种相互作用的方式产生的。或许这两种能力是协同作用的,只有当幼儿这两种能力的发展超过某个阈值水平时,他们才开始习得或成功应用信念推理。另一种可能是,一种能力的作用包含了另一种能力的作用。意图理解有可能只是由于也需要抑制的参与才能与信念推理相关联。这需要后续研究进行进一步的检验并考察造成这一结果的原因。

参 考 文 献

- 1 Hughes C, Russell J. Autistic children's difficulty with mental disengagement from an object: Its implication for theories of autism. *Developmental Psychology*, 1993, 29: 498-510
 - 2 Mildner V. *The cognitive neuroscience of human communication*. New York London: Taylor and Francis Group, 2008
 - 3 Hughes JR. A review of recent reports on autism: 1000 studies published in 2007. *Epilepsy and behavior*, 2008, 8: 425-437
 - 4 Baron-Cohen S, Tager-Flusberg H, Cohen DJ. *Understanding others minds: Perspectives from developmental cognitive neuroscience*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2000
 - 5 Engel A, Burke M, Fiehler K, et al. What activates the human mirror neuron system during observation of artificial movements: Bottom-up visual features or top-down intentions? *Neuropsychologia*, 2008, 46:2033-2042
 - 6 Lang B, Perner J. Understanding of intention and false belief and the development of self control. *British Journal of Developmental Psychology*, 2002, 20:67-76
 - 7 Wimmer H, Perner J. Belief about beliefs: Representation and the constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 1983, 13: 103-128
 - 8 Gopnik A, Astington JW. Children's understanding of representational change to the understanding of false belief and the appearance-reality distinction. and its relation. *Child Development*, 1988, 59:26-37
 - 9 Gerstadt CL, Hong YJ, Diamond A. The relationship between cognition and action: Performance of children 3.5-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 1994, 53:129-153
 - 10 Hughes C. Finding your marbles: Dose preschoolers' strategic behavior predict later understanding? *Developmental Psychology*, 1998, 34:1326-1339
 - 11 Lang B, Perner J. Understanding of intention and false belief and the development of self control. *British Journal of Developmental Psychology*, 2002, 20:67-76
 - 12 廖渝, 吴睿明, Zelazo PD, 等. 意外地点任务中不同测试问题及意图理解与执行功能的关系. *心理学报*, 2006, 38: 207-215
 - 13 Meltzoff AN, Prinz W. *The imitative mind: Development, evolution, and brain bases*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2002
 - 14 Wei Chen, Ti-Fei Yuan. Mirror neuron system as the joint from action to language. *Neuroscience Bulletin*, 2008, 24: 259-264
- (收稿日期:2008-09-11)
-
- (上接第 196 页)
- 20 Podlesny JA. A paucity of operable case facts restricts applicability of Guilty Knowledge Technique in FBI criminal polygraph examinations. *Forensic science communication*, 2003, 5(3):20-37
 - 21 Rosenfeld JP, Biroshak JR, Furedy JJ. P300-based detection of concealed autobiographical versus incidentally acquired information in target and non-target paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 2006, 60:251-259
 - 22 Meijer EH, Smulders FTY, Merckelbach HLGJ, et al. The P300 is sensitive to concealed face recognition. *International Journal of Psychophysiology*, 2007, 66:231-237
 - 23 Rosenfeld JP, Shueand E, Singer E. Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained information. *Biological Psychology*, 2007, 74:396-404
 - 24 Fang F, Liu YT, Shen Z. Lie detection with contingent negative variation. *International Journal of Psychophysiology*, 2003, 50:247-255
 - 25 Gehring WJ, Willoughby AR. The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 2002, 295:2279-2282
 - 26 Appelbaum PS. The new lie detectors: neuroscience, deception, and the courts. *Psychiatry Services*, 2007, 58:460-462
- (收稿日期:2008-09-23)