

不同戒断期毒品戒断者对金钱奖赏敏感性的ERP研究

周平艳¹, 刘丹玮¹, 周仁来^{1,2,3,4}, 孙本良⁵, 肖洁⁵, 李松⁵

(1.北京师范大学心理学院应用实验心理北京市重点实验室,北京100875;

2.北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室和麦戈文脑科学研究院,北京100875;3.北京师范大学情绪调节研究中心,北京100875;4.脑与学习协同创新中心,北京100875;5.北京市天堂河戒毒康复所,北京102609)

【摘要】 目的:本研究采用金钱奖赏范式探讨不同戒断时长(短期戒断组:平均2.7个月,中期戒断组:平均19.36个月,长期戒断组:平均49.6个月)的毒品戒断者与正常匹配组,在分辨不同额度的金钱奖赏时认知加工能力的损伤和恢复情况。方法:研究中要求被试在三种不同的奖赏条件(45分,1分,0分)下完成Go/No-go任务。结果:脑电结果表明,对不同额度的金钱奖赏加工时,短期戒断组和中期戒断组的脑区功能受损,表现为其诱发的N2和P3波幅在三种条件下差异都不显著;长期戒断组在奖赏条件下诱发的N2和P3平均波幅显著大于0分条件,但是波幅差异的程度显著低于控制组。结论:长期戒断组和控制组在神经激活模式上存在的差异,表明经过三年以上的戒断后,戒毒人员的脑功能显示出一定水平的恢复,但是仍未恢复至正常水平。

【关键词】 毒品成瘾;戒断期;金钱奖赏;N2P3

中图分类号: R395.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3611(2014)04-0571-06

Sensitivity to Monetary Reward in Drug Abstainers at Different Post-drug Withdrawal Phases: An ERP Study

ZHOU Ping-yan¹, LIU Dan-wei¹, ZHOU Ren-lai^{1,2,3,4}, SUN Ben-liang⁵, XIAO Jie⁵, LI Song⁵

¹Beijing Key Laboratory of Applied Experimental Psychology, School of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; ²National Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, and IDG/M^cGovern Institute for Brain Research, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; ³Emotional Regulation Research Center of Beijing Normal University, Beijing 100875, China; ⁴Center for Collaboration and Innovation in Brain and Learning Sciences, Beijing 100875, China; ⁵Beijing Drug Rehabilitation Center, Beijing 102609, China

【Abstract】 Objective: The current study aimed to explore cognitive function in drug abstainers at different healing phases(short-term abstinence group: average of 2.7 months, medium-term abstinence group: 19.36 per month on average, long-term abstinence group: average of 49.6 months) with a monetary reward task. Methods: This study adopted a monetary reward paradigm. Participants were required to complete the Go/No-go tasks in three different reward gradients(score of 45, 1, 0). Results: Electroencephalographic(EEG) results showed that the sensitivity to monetary reward was declined in both short- and medium-term abstinence groups who have no different brain activation on the reaction to three different reward gradients. The brain function of long-term abstinence group showed a certain level of recovery, reflected by smaller difference of P3 and N2 amplitudes to monetary reward gradient compared to the control group. Conclusion: The damage of rewards perception, assessment, and expectation caused by drug addiction can be normalized following a long term post-drug withdrawal.

【Key words】 Addiction; Abstinence; Monetary rewards; N2; P3

药物成瘾是长期使用药物后在生理、心理和行为水平产生的一类综合性功能紊乱和行为改变。大量研究表明,脑内奖赏系统是产生和维持药物成瘾的神经基础,药物使用导致奖赏系统及相关脑区产生一系列变化,从而出现各种与成瘾相关的行为^[1-3]。研究者认为,成瘾是动机和行为控制的病理状

态^[4]。成瘾者对药物或预知药物的提示出现动机相关的病态归属,从而出现强迫性药物寻求、调控抑制明显缺失的现象,并丧失了整合不良信息的行为选择能力,使得药物的显著性最大化,损害了对其他可得的(自然的)奖赏性刺激的加工,对奖赏加工的所有阶段都产生负性影响^[5]。

研究发现,药物成瘾者和药物戒断者对其他可得的非药物奖赏的敏感性降低^[6,7]。尽管针对此类非药物相关奖赏的研究并不多,但是仍有证据表明

【基金项目】 该研究得到国家社科基金重大项目(11&ZD187)、北京市教育委员会共建项目建设计划(403101)和尚善基金的资助
通讯作者:周仁来

物质滥用者对不同额度的金钱奖赏和口头回馈表现出敏感性趋于中性的现象^[4,8]。一项酒精依赖戒断者的研究发现,金钱收益中的渴求程度与腹侧纹状体的激活程度呈负相关^[9]。可卡因戒断者对性相关刺激的脑区激活低于可卡因相关刺激,同时也低于正常控制组的脑区激活水平^[10];任务参与度的降低并不能引起他们对两类非药物奖赏刺激的反应差异^[6,10]。Goldstein等人的研究发现,可卡因使用者对不同梯度金钱奖赏的反应时、诱发的P3波幅不存在差异,而正常控制组却对不同梯度金钱奖赏的敏感性存在差异^[6]。脑成像和ERP研究也证实成瘾者对此类奖赏敏感性的下降^[4,6,7,10]。但是这些研究并未关注成瘾时间或戒断时间可能产生的影响^[6,11]。

已有研究表明,药物依赖损害了对非药物刺激的奖赏反应,以往研究的被试均为药物成瘾者(正在使用者)或短期戒断者(戒断时间一年以内),其研究结果发现药物依赖者的奖赏认知功能受损^[12,13],但是这些研究并未涉及药物损伤者奖赏认知功能的自然恢复情况,尤其是对于长期戒断者,脑功能的恢复是评判戒断成功最核心的指标,也是最为迫切的。对于长期戒断者的恢复情况,目前研究主要关注长期戒断者药物相关刺激的敏感性,已有研究发现,尼古丁戒断半年以上^[14]或海洛因戒断2年以上^[15]的药物依赖者对于药物相关刺激的注意偏向降低,也有研究者发现不同康复时相的海洛因戒断者对药物相关线索的注意偏向没有发生变化^[11,16]。不同类型的药物成瘾者对药物相关刺激的注意偏向显示出相似的激活模式,如眶额皮层、杏仁核以及内侧背侧额叶的激活都增加^[17,18]。因此,已有研究推测,奖赏评估神经系统的普遍缺陷或许可以解释成瘾者动机偏向的神经机制^[19]。

目前虽有一定证据表明药物成瘾会损伤非药物相关的奖赏认知,但是涉及的成瘾药物复杂,研究范式多样,更为重要的是,缺少对长期戒断者认知功能恢复情况的评估。由于毒品成瘾者大多同时或先后吸食多种毒品,很少有单一毒品成瘾者。以往有关毒品成瘾的研究很多都是多种毒品的混合研究^[20]。因此本研究以海洛因和冰毒戒断者作为实验组,以正常人为控制组,使用金钱奖赏范式,希望进一步探讨毒品戒断者对非药物相关奖赏——金钱奖赏的敏感性,重点比较不同戒断期的戒断者在金钱奖赏敏感性上的差异,探讨毒品戒断者对非药物奖赏的敏感性模式,希望以此作为评估毒品戒断者恢复情况的指标。已有研究发现,由任务所诱发的N2波幅敏

感于信息冲突监测和行为抑制过程^[21],P3成分被认为与动机、注意以及唤醒度有关,正常人的研究发现,它在一定程度上反映了对奖赏的处理过程,是对奖赏的兴趣、兴奋度的一种主观体验反应^[6,22]。因此,本研究选择N2和P3两个成分,我们预期与正常控制组相比,短期戒断组的奖赏系统受到较严重的损害,其对不同额度的金钱奖赏不敏感,中期组和长期组经过一段时间的戒断,可能出现不同程度的脑功能恢复,与短期戒断组相比,表现为显著增加的N2和P3波幅,但其程度小于正常控制组。

1 对象与方法

1.1 被试

本研究中毒品戒断者32人,男性31人;控制组被试10人,均为男性。实验组被试和控制组被试在年龄和学历方面进行了匹配。毒品戒断者均来自北京天堂河戒毒康复中心,属自愿戒毒。戒断者首先进行一定时间的生理脱毒治疗,经戒毒康复中心评定合格后进行3个月的心理咨询治疗,3个月后,毒品戒断者接受心理、体能测试以及他人意见评估,合格者回到社会工作生活,同时与戒毒康复中心保持一定频率的联系,直至参加实验。

参加实验的毒品戒断者为海洛因戒断者和冰毒戒断者,其中纯海洛因戒断者19人(短期组5人,中期组6人,长期组8人),海洛因冰毒戒断者4人(中期组3人,长期组1人),纯冰毒戒断者9人(短期组6人,中期组2人,长期组1人)。毒品戒断者根据戒断时间分成3组,短期组戒断时间为1-5个月($M=2.7$, $SD=1.34$),平均年龄34.30岁($SD=5.12$);中期组戒断时间为18-24个月($M=19.36$, $SD=2.01$),平均年龄40.82岁($SD=8.90$);长期组戒断时间为36-72个月($M=49.6$, $SD=9.73$),其中大部分有复吸现象^[23]。已有研究认为超过5年未复吸的毒品戒断是稳定的戒断^[24],本研究的目的考察戒断时间对毒品戒断者奖赏认知功能的影响,长期戒断组为本次至少戒断36个月未复吸的毒品戒断者,平均年龄43.60岁($SD=6.93$)。控制组通过广告或口头招募,属社会招募人员,平均年龄36.20岁($SD=7.66$)。所有毒品戒断者和控制组被试均为自愿参加实验,实验前签署知情同意书,实验后根据实验得分高低获取不同额度的报酬。

对所有被试进行身体和心理上的筛查,剔除一名进行过脑部手术的短期组被试,其他被试均没有影响实验的身体疾病、脑部损伤或精神障碍,同时在

参加实验时,除短期组被试在戒毒康复中心中进行相关心理咨询治疗,实验期间均未接受心理咨询治疗。同时对被试的精神病史和家人精神病史进行调查,发现实验组被试除一名中期组被试曾因抑郁症接受过治疗外均无精神病史,控制组被试有一名曾诊断为抑郁障碍接受过治疗,但实验时已经痊愈;除一名短期组被试的母亲和一名中期组被试的姐姐有精神分裂症,其他被试的家人也没有精神病史。

对所有被试进行毒品使用历史的调查,发现约有一半被试有使用其他毒品(精神药物)的历史,包括安定、曲马多、莎菲、艾多非、大麻、三唑仑、摇头丸等。另外咨询了戒毒康复中心的工作人员,发现戒断者使用各种精神药物较为普遍,同时不排除被试隐瞒或未按规定填写精神药物的使用。对所有被试进行了吸烟的调查,实验组中发现除一名短期组被试外,所有被试均为尼古丁依赖者,平均10根/天,控制组中有5人为尼古丁依赖者,平均5.2根/天。实验前使用贝克抑郁量表、状态-焦虑量表和艾森克人格问卷对被试进行了抑郁、焦虑和人格方面的测查。所有被试在贝克抑郁量表、状态-焦虑量表分数方面没有差异,在人格问卷中,实验组精神质维度分数高于控制组($t=2.75, P<0.01$)。

1.2 实验流程

该研究采用金钱奖赏范式。实验共有6个block,每个block中有3种不同奖赏额度的条件随机呈现,分别是45分,1分,0分,奖赏采用积分制,积累不同数目的积分可用于兑换不同价值的奖品。在每种奖赏额度的条件中,被试根据所呈现图片进行判断,完成9个“Go”和9个“No-go”的试次(总计18个)。每种实验条件开始时,屏幕首先呈现该条件的分数奖赏额度,持续5000ms。“Go”和“No-go”刺激在所有试次中是随机的(每个block中9个,不连续出现超过3个),所有被试采用相同的实验范式。训练时呈现的刺激和实验时相同,每种条件2个试次,共12个试次,确保被试了解实验流程,并能够进行正确的反应,训练的试次不进入最终的数据分析。每个试次的流程如图1所示。选用两幅不同的抽象图片作为“Go”和“No-go”的提示刺激(S1)。作为“Go”和“No-go”的图片的选定在被试间平衡,即前一半被试选用图1作为“go”刺激,后一半被试选用图2作为“go”刺激。每个试次开始先呈现一个1000ms的空屏,之后出现提示刺激S1(“Go”图片或“No-go图片”),持续500ms。刺激消失后再次出现一个1000ms的空白屏,然后目标刺激S2以红色方框出

现,同样持续500ms。被试在出现目标刺激后做出反应。在空白屏之后紧接着出现500ms的反馈,告知被试此次试次得到的奖赏值(反应正确则为该条件的奖赏额度值,反应错误则为0)。见图1。

被试坐在笔记本电脑前方,与电脑屏幕距离为60cm,使用反应盒和键盘进行操作。首先向被试介绍实验要求,告知被试其报酬的高低取决于得分的高低。被试了解实验程序后,先进行一个简短的训练,此时不会获得奖赏(训练时使用的刺激图片和实验时相同)。被试理解要求后开始6个block的实验,耗时30分钟左右。实验结束后,由主试告知被试所得金钱数值,并按此数值给予相匹配的报酬。

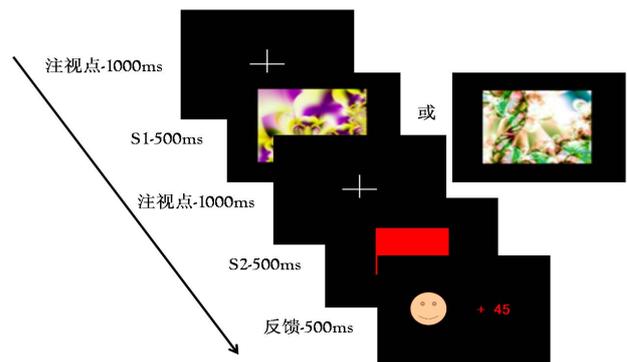


图1 实验流程图

1.3 脑电数据记录和分析

脑电数据采集使用Neuroscan公司的NuAmps便携式40导记录系统,使用DC模式进行数据采集,采样率为1000Hz,带宽为0.1-100Hz,采用单侧乳突参考。实验中保证所有电极电阻在10KΩ以下。使用Neuroscan的离线分析系统对EEG数据进行分析。离线分析时,以刺激呈现前200ms做为基线,分析图片呈现后1500ms的脑电成分。利用Gratton和Coles运算法则去除眼电,去除超过±100微伏的脑电。滤波带宽为0-30Hz(24 dB/octave slope)。根据已有的研究背景和本实验的脑电总平均图,选择两个时间窗口的脑电成份进行分析:200-300ms的负峰值(N2),以及300-600ms的正峰值(P3),选择中线电极Fz、Cz、Pz分析。

行为数据分析时,剔除长期组被试2人(1人未完成实验,1人正确率过低),控制组被试1人(正确率过低),剩余被试长期组8人,中期组11人,短期组10人,控制组9人,其余所有被试正确率均在85%以上。脑电数据分析时,去除行为数据分析时的3名被试之外,由于被试头动过大,长期组剔除2人,中期组剔除2人,短期组被试剔除1人,剩余被试长期

组6人,中期组9人,短期组9人,控制组9人。

2 结 果

2.1 行为数据

对正确率进行4(分组:短期组、中期组、长期组、控制组)×2(任务类型:Go、No-go)×3(奖赏额度:0分奖赏、1分奖赏、45分奖赏)的方差分析发现,奖赏额度主效应显著($F(2, 70)=6.01, \eta_p^2=0.15, P<0.01$),45分奖赏的正确率显著高于0分奖赏和1分奖赏。任务类型主效应显著($F(1, 35)=57.63, \eta_p^2=0.62, P<0.01$),Go类型的正确率低于No-go类型($P<0.05$)。分组主效应不显著($F(3, 35)=1.33, \eta_p^2=0.10, P>0.05$)。奖赏额度和任务类型交互作用显著($F(2, 70)=5.98, \eta_p^2=0.15, P<0.01$),其它交互作用都不显著($P>0.05$)。反应时的三因素方差分析发现,奖赏额度主效应显著($F(2, 70)=4.21, \eta_p^2=0.11, P<0.05$),45分奖赏的反应时显著低于0分奖赏和1分奖赏。分组主效应不显著($F(3, 35)=0.08, \eta_p^2=0.01, P>0.05$),奖赏额度和分组交互作用不显著($F(6, 70)=0.66, \eta_p^2=0.05, P>0.05$)。

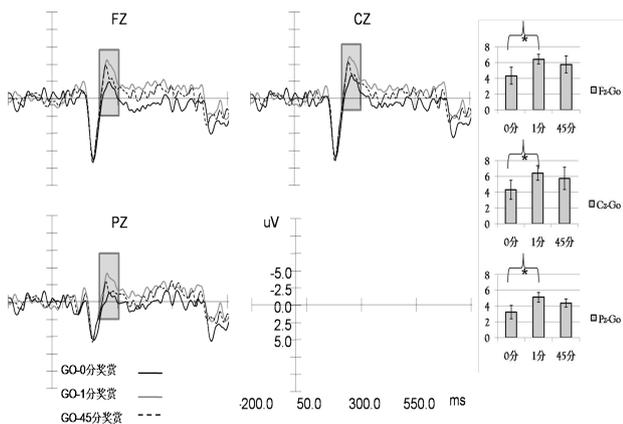


图2 长期组在Fz、Cz、Pz点Go类型三种奖赏条件下的N2波幅

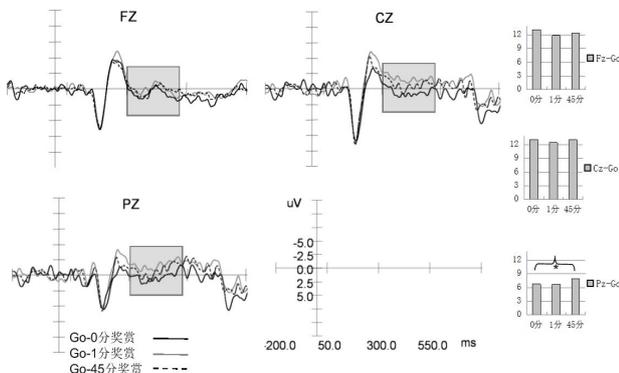


图3 控制组在Fz、Cz、Pz点Go类型三种奖赏条件下的P3波幅

2.2 脑电数据

对四组的N2平均波幅分别进行组内2(任务类型:Go、No-go)×3(奖赏额度:0分奖赏、1分奖赏、45分奖赏)×3(电极:Fz、Cz、Pz)重复测量方差分析发现,短期组电极主效应显著($F(2, 14)=8.27, \eta_p^2=0.54, P<0.01$),进一步配对比较发现Pz点的N2波幅显著小于Fz点和Cz点;中期组电极主效应显著($F(2, 14)=13.74, \eta_p^2=0.66, P<0.01$),配对比较发现Pz点的N2波幅显著小于Fz点和Cz点;长期组电极主效应显著($F(2, 12)=9.20, \eta_p^2=0.61, P<0.01$),Pz点的N2波幅显著小于Fz和Cz点。长期组奖赏额度主效应显著($F(2, 12)=4.82, \eta_p^2=0.45, P<0.05$),0分奖赏的N2波幅显著小于1分奖赏(见图2);控制组电极主效应显著($F(2, 16)=12.58, \eta_p^2=0.61, P<0.01$),进一步配对比较发现,Pz点的N2波幅显著小于Fz点和Cz点。

对四组的P3平均波幅分别经2(任务类型:Go、No-go)×3(奖赏额度:0分奖赏、1分奖赏、45分奖赏)×3(电极:Fz、Cz、Pz)重复测量方差分析发现,各组均出现显著电极主效应,配对比较显示,各组Pz点的P3波幅显著小于Fz和Cz点;长期组在Fz点发现Go类型中,0分奖赏诱发的P3波幅显著小于1分奖赏的P3波幅;控制组奖赏额度主效应不显著($F(2, 12)=0.48, \eta_p^2=0.06, P>0.05$),奖赏额度与任务类型交互作用边缘显著($F(2, 16)=2.93, \eta_p^2=0.27, P=0.05$),控制组0分奖赏的P3波幅显著小于45分奖赏的P3波幅(见图3)。

3 讨 论

本研究考察不同戒断时长的毒品戒断者对不同额度奖赏的区分能力的损伤和恢复情况。研究发现,控制组在45分奖赏时会诱发出更大的P3波幅,在Pz点,出现了奖赏额度梯度的显著性差异。短期组和中期组在加工不同梯度奖赏时诱发的P3波幅不存在差异;长期组对1分奖赏和0分奖赏加工时诱发的P3波幅在Fz点出现差异,其敏感度水平均低于控制组(在Pz点出现了奖赏额度显著的主效应),表明长期组经过3年半到4年的戒断后,已经开始出现对不同额度金钱奖赏的反应差别,呈现出一定水平的功能恢复。

然而短期组、中期组和控制组对不同奖赏额度加工时诱发的N2波幅不存在差异,而长期组对0分奖赏和1分奖赏反应时诱发的N2波幅存在差异。这可能表明控制组对任务的反应出现了天花板效应,所有的任务都过于简单,控制组在完成行为抑制

任务时不需要太多意志努力,因此对不同额度奖赏反应时诱发的N2波幅并未出现显著差异,实验结束后被试也反馈任务难度较低,类似的原因可能导致控制组对0分奖赏和1分奖赏反应时诱发的P3波幅差异缺失。而实验组本身的行为抑制能力受损,长期组对不同奖赏额度反应诱发的N2波幅不同,可能表明长期组对不同奖赏额度的行为抑制努力是存在差异的。但是短期组和中期组并未表现出类似长期组的差异,可能是因为毒品成瘾严重损伤了行为抑制能力,导致两组对奖赏额度的变化不敏感^[8]。

本研究中,0分奖赏、1分奖赏和45分奖赏形成了一个奖赏的梯度,更高额度的金钱奖赏会促使被试投入更多努力。而P3波被认为与注意资源的分配相关,当被试对任务付出更多努力时,P3波幅也会更大^[25]。本实验中发现控制组在45分奖赏时会诱发出更大的P3波幅,短期组和中期组在加工不同梯度奖赏时诱发的P3波幅不存在差异;长期组对1分奖赏和0分奖赏加工时诱发的P3波幅出现差异,但其敏感度水平均低于控制组,表明长期组经过3年半到4年的戒断后,对不同额度金钱奖赏的区分能力,呈现出一定水平的功能恢复,但仍未达到正常水平。长期组对奖赏梯度的反应差异出现在Fz点,而控制组在Pz点出现了梯度差异,长期组和控制组P3波幅差异的位点不同,这可能与成瘾者在奖赏处理和行为决策中的脑区补偿相关,即眶额皮层区域的较高激活^[26]。长期组在知觉和评估不同额度的奖赏时,已经有了一定水平的恢复^[27],因此奖赏敏感性好于短期组和中期组,但是其激活水平和激活模式与控制组仍存有一定差异,可能说明其脑区功能尚未恢复到正常水平。本研究中长期组是超过两年的戒断者(平均戒断时间约为3年),但是其脑区功能仍未完全恢复,可见毒品成瘾对脑功能造成的损害是非常深远的,需要数年甚至一生的时间去恢复,而且由于奖赏系统是成瘾行为产生和维持的神经基础^[11,19],长期戒断者的功能紊乱从一个侧面也反映出毒品戒断是需要长期努力的。

如何判定药物成瘾者成功戒断,目前尚无有效手段,也没有研究明确经过多久戒断成瘾者可以完全戒除瘾癖。研究发现对于毒品戒断者,戒断6个月后,生理水平和基本认知水平就可恢复正常^[28],戒断18个月后情绪认知能力恢复正常^[29],戒断30个月后行为水平药物相关注意偏向减小^[15]。本研究一方面从成瘾的神经基础——奖赏系统入手,一方面选

用戒断时间跨度更大的被试,希望可以寻找一个更为准确的评估手段,并且试图探索戒除瘾癖的时间点,从当前实验结果来看,脑电水平上的功能恢复出现在戒断36个月之后,但是被试的大脑功能并未完全恢复。因此,较长时间戒断后,奖赏系统功能可能出现恢复,表现出一定程度成瘾性的下降,但是脑区功能是否能完全恢复即完全的瘾癖消除,当前的研究还不能明确。虽然使用奖赏系统功能水平作为戒断评估手段在理论上是较为可靠的,使用不同额度的金钱奖赏可以较为有效地区分短中期戒断者和长期戒断者,但是不能有效区分短期和中期戒断者,因此对于希望在短期内对戒断者做出评估的部门,还需要更多研究探索。

本研究中仍存在一些不足之处:第一,被试数目较少,同时基本为男性;第二,实验组被试未能统一成瘾药物,同时多数被试有滥用其他精神药物的经历,在抑郁症、精神分裂症和酗酒(有家族酗酒史)的患者中,这些病症可能对患者的奖赏处理以及动机、注意和唤醒度等认知过程产生影响,从而使这些患者都表现为对认知或者情绪目标加工时诱发的P3波幅减小^[22],这些现象一定程度上限制了本研究的扩展性。

参 考 文 献

- 1 Franken IH, Stam CJ, Hendriks VM, et al. Neurophysiological evidence for abnormal cognitive processing of drug cues in heroin dependence. *Psychopharmacology*, 2003, 170(2): 205-212
- 2 王绪轶,李宝娟,周旭辉,等. 海洛因成瘾者静息状态下脑功能连接研究. *中国临床心理学杂志*, 2011, 19(1): 7-9
- 3 王传升, 谡红献, 郝伟. SD大鼠海洛因CPP易感性差异的伏隔核壳区D2受体及DAT机制. *中国临床心理学杂志*, 2009, 17(5): 566-569, 587
- 4 Diekhof EK, Falkai P, Gruber O. Functional neuroimaging of reward processing and decision-making: a review of aberrant motivational and affective processing in addiction and mood disorders. *Brain Research Reviews*, 2008, 59(1): 164-184
- 5 Berridge KC, Robinson TE. Parsing reward. *Trends in Neurosciences*, 2003, 26(9): 507-513
- 6 Goldstein RZ, Parvaz MA, Maloney T, et al. Compromised sensitivity to monetary reward in current cocaine users: An ERP study. *Psychophysiology*, 2008, 45(5): 705-713
- 7 Nestor L, Hester R, Garavan H. Increased ventral striatal BOLD activity during non-drug reward anticipation in cannabis users. *Neuroimage*, 2010, 49(1): 1133-1143

- 8 Goldstein RZ, Tomasi D, Alia-Klein N, et al. Subjective sensitivity to monetary gradients is associated with frontolimbic activation to reward in cocaine abusers. *Drug and Alcohol Dependence*, 2007, 87(2): 233-240
- 9 Wrase J, Kahnt T, Schlagenhauf F, et al. Different neural systems adjust motor behavior in response to reward and punishment. *Neuroimage*, 2007, 36(4): 1253-1262
- 10 Garavan H, Pankiewicz J, Bloom A, et al. Cue-induced cocaine craving: neuroanatomical specificity for drug users and drug stimuli. *American Journal of Psychiatry*, 2000, 157(11): 1789-1798
- 11 Goldstein RZ, Alia-Klein N, Tomasi D, et al. Decreased prefrontal cortical sensitivity to monetary reward is associated with impaired motivation and self-control in cocaine addiction. *The American Journal of Psychiatry*, 2007, 164(1): 43-51
- 12 贺忠, 周旭辉, 王绪轶, 等. 海洛因依赖者停药后脑灰质密度的纵向研究. *中国临床心理学杂志*, 2008, 16(4): 358-360
- 13 杨饶霞, 王军, 郝伟. 65例海洛因依赖者脱毒后一年随访分析. *中国临床心理学杂志*, 1998, 6(1): 53-54
- 14 Littel M, Franken IH. The effects of prolonged abstinence on the processing of smoking cues: An ERP study among smokers, ex-smokers and never-smokers. *Journal of Psychopharmacology*, 2007, 21(8): 873-882
- 15 Gardini S, Caffarra P, Venneri A. Decreased drug-cue-induced attentional bias in individuals with treated and untreated drug dependence. *Acta Neuropsychiatrica*, 2009, 21(4): 179-185
- 16 朱海燕, 沈模卫, 殷素梅. 不同康复时相戒除者对海洛因相关线索的注意偏向. *应用心理学*, 2005, 11(4): 297-301
- 17 Field M, Munafò MR, Franken IH. A meta-analytic investigation of the relationship between attentional bias and subjective craving in substance abuse. *Psychological Bulletin*, 2009, 135(4): 589-607
- 18 Field M, Cox WM. Attentional bias in addictive behaviors: a review of its development, causes, and consequences. *Drug and Alcohol Dependence*, 2008, 97(1): 1-20
- 19 Goldstein RZ, Volkow ND. Drug addiction and its underlying neurobiological basis: neuroimaging evidence for the involvement of the frontal cortex. *The American Journal of Psychiatry*, 2002, 159(10): 1642-1652
- 20 Zinkernagel C, Naef MR, Bucher HC, et al. Onset and pattern of substance use in intravenous drug users of an opiate maintenance program. *Drug and Alcohol Dependence*, 2001, 64(1): 105-109
- 21 Van Veen V, Carter CS. The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology and Behavior*, 2002, 77(4): 477-482
- 22 Goldstein RZ, Cottone LA, Jia Z, et al. The effect of graded monetary reward on cognitive event-related potentials and behavior in young healthy adults. *International Journal of Psychophysiology*, 2006, 62(2): 272-279
- 23 赵敏, 郝伟, 杨德森, 等. 海洛因依赖者复吸相关因素的前瞻性研究. *中国临床心理学杂志*, 2001, 9(2): 81-83, 89
- 24 Hser Y-I. Predicting long-term stable recovery from heroin addiction: Findings from a 33-year follow-up study. *Journal of Addictive Diseases*, 2007, 26(1): 51-60
- 25 Isreal JB, Chesney GL, Wickens CD, et al. P300 and tracking difficulty: Evidence for multiple resources in dual-task performance. *Psychophysiology*, 1980, 17(3): 259-273
- 26 Bolla K, Eldreth D, London E, et al. Orbitofrontal cortex dysfunction in abstinent cocaine abusers performing a decision-making task. *Neuroimage*, 2003, 19(3): 1085-1094
- 27 王绪轶, 郝伟, 颜丽蓉, 等. 海洛因成瘾者停用海洛因后的脑功能情况——静息状态下fMRI研究. *中国临床心理学杂志*, 2006, 14(4): 428-430, 425
- 28 张文跃, 朱岳正. 海洛因依赖者临床记忆研究. *中国药物滥用防治杂志*, 2001, 31(2): 15-17
- 29 Martin L, Clair J, Davis P, et al. Enhanced recognition of facial expressions of disgust in opiate users receiving maintenance treatment. *Addiction*, 2006, 101(11): 1598-1605

(收稿日期:2014-02-16)

(上接第593页)

- 24 Hirsch C, Mathews A. Interpretative inferences when reading about emotional events. *Behaviour Research and Therapy*, 1997, 35(12): 1123-1132
- 25 Mackintosh B, Mathews A, Yiend J, et al. Induced biases in emotional interpretation influence stress vulnerability and endure despite changes in context. *Behavior Therapy*, 2006, 37(3): 209-222
- 26 MacLeod C, Cohen IL. Anxiety and the interpretation of ambiguity: A text comprehension study. *Journal of Abnormal Psychology*, 1993, 102(2): 238-247
- 27 Hoppitt L, Mathews A, Yiend J, Mackintosh B. Cognitive bias modification: The critical role of active training in modifying emotional responses. *Behavior Therapy*, 2010, 41(1): 73-81
- 28 Salemink E, van den Hout M. Trained interpretive bias survives mood change. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 2010, 41(3): 310-315

(收稿日期:2014-02-22)