

金钱奖赏对海洛因戒断者 工作记忆刷新功能的促进作用减弱*

杨玲¹ 张炆^{**1} 张建勋¹ 刘鹏程¹ 杨雁惠¹ 刘文鑫¹ 陈开林²

(¹ 甘肃省行为与心理健康重点实验室, 西北师范大学心理学院物质成瘾与康复研究所, 兰州, 730070)

(² 甘肃省第二强制隔离戒毒所, 兰州, 730070)

摘要 采用有无金钱奖赏条件下的 n-back 任务, 探讨金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的影响。结果发现: 所有被试在金钱奖赏条件下的反应时都显著短于无奖赏条件下的反应时; 海洛因戒断组在有无金钱奖赏条件下的反应时的差值显著小于正常组在有无金钱奖赏条件下的反应时的差值; 在 1-back 和 2-back 任务中, 正常组的正确率显著高于海洛因戒断组的正确率。结果表明: 金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在一定的促进作用, 但是其促进作用幅度要弱于正常人; 海洛因戒断者的工作记忆刷新功能可能存在损伤。

关键词 海洛因戒断者 工作记忆刷新 金钱奖赏

1 前言

海洛因成瘾是一种慢性的复发性疾病, 长期吸食海洛因会使海洛因成瘾者具有广泛的神经认知功能障碍 (Yan et al., 2014), 造成其执行功能受损 (Yang et al., 2015)。与抑制 (inhibition)、转换 (shifting) 等执行功能相比, 刷新功能与人类高级认知活动之间的关系最为密切 (Friedman et al., 2006)。工作记忆刷新是指个体根据任务相关要求, 对工作记忆中的信息进行不断更新, 纳入新信息以替换原有信息, 从而实现对记忆中的内容进行不断地修正的过程 (Collette & van der Linden, 2002; Kane & Engle, 2002)。海洛因戒断者工作记忆刷新功能的损伤表现为海洛因戒断者在 n-back 任务中其反应时显著长于正常人 (杨玲等, 2018), 且该损伤通过 6 个月的戒断并没有得到缓解 (杨玲等, 2019)。药物成瘾者工作记忆刷新功能的受损可能使药物成瘾者对药物相关记忆的消退能力减弱, 导致其在日常生活

中面对药物相关记忆时不能很快地进行刷新替换, 使药物相关记忆消除困难, 从而诱发药物成瘾者的药物渴求感, 进而导致药物寻求行为的发生, 增加了其药物寻求和复吸的可能性 (Müller, 2013), 也可能使成瘾者在快速变化的环境中不能更好地监控自己的行为, 导致其不能更好地抑制不当的行为 (Peeters et al., 2015)。相反, 具有较高工作记忆能力的个体可以抑制与药物有关的记忆联想反应, 并应用一种或多种认知处理策略来成功地解决相互冲突的目标, 从而减少药物使用的风险 (Barrett et al., 2004)。虽然对海洛因戒断者的工作记忆刷新功能进行了一定的研究, 但是进一步考察海洛因戒断者的工作记忆刷新功能的特征对于其康复治疗依然具有重要的意义。

药物成瘾者工作记忆刷新功能的研究涉及不同戒断期 (杨玲等, 2019), 药物相关线索 (杨玲等, 2018) 以及不同的成瘾群体 (Albein-Urios et al., 2012)。虽然这些研究对药物成瘾者工作记忆

* 本研究得到国家自然科学基金项目 (31660276; 31960185) 和甘肃省社科规划项目 (YB034) 的资助。

** 通讯作者: 张炆, E-mail: psyzhangyang@163.com

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20210219

刷新功能进行了间接或直接的测量和相关影响因素的探究,但是却忽略了日常行为表现中重要的动机因素。动机是影响行为表现的关键因素,个体通过提升动机可以影响注意的定向和再定向能力进而增强其执行功能,以及个体为了获得最大化的奖赏,动机能再分配执行功能的加工资源促进个体的行为表现(Pessoa, 2009)。由于金钱奖赏往往能诱发积极的情绪和较高的动机,并且在日常生活中更具有代表性且更易操作(Knutson & Greer, 2008),因此在以往研究中采用金钱奖赏作为动机诱发物。与无奖赏相比,金钱奖赏能提高健康个体的工作记忆能力(Heitz et al., 2008)。但是在精神分裂症患者中并没有发现金钱奖赏可以促进其工作记忆能力(Thornton et al., 2007),这可能是精神分裂症患者异常的奖赏处理加工模式造成的(Barch, 2005)。药物成瘾者同样存在奖赏功能异常(Goldstein & Volkow, 2011),由于工作记忆刷新功能是对记忆内容不断修正的过程,在药物成瘾者药物记忆的消退过程中具有重要的作用,考虑到金钱奖赏往往能够影响个体的工作记忆能力,因此考察金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的影响,不仅是对以往研究的拓展,而且能够更好地进一步了解海洛因戒断者的工作记忆刷新功能的特征。

综上所述,本研究采用有无金钱奖赏条件下的n-back任务(孙岩等, 2017; Hager et al., 2015)考察金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的影响。由于在药物成瘾者认知控制和奖励敏感性的研究中发现,与对照组相比,阿片类药物使用者调节绩效以优化奖励结果的能力受损(Charles-Walsh et al., 2016)。因此本研究假设:正常组在金钱奖赏条件下的n-back任务上的反应时显著短于无奖赏条件下的n-back任务上的反应时,在金钱奖赏条件下的n-back任务上的正确率显著高于无奖赏条件下的n-back任务上的正确率;海洛因戒断组在金钱奖赏和无奖赏条件下的n-back任务上的反应时和正确率均不存在显著性差异。

2 研究方法

2.1 实验设计

采用2(被试类型:正常组,海洛因戒断组) \times 2(任务类型:1-back, 2-back) \times 2(奖赏类型:无奖赏,金钱奖赏)的混合实验设计,其中被试类型为组间变量,任务类型和奖赏类型为组内变量,

因变量指标为正确反应的反应时和正确率。

2.2 被试

从某强制隔离戒毒所选取32名男性海洛因戒断者,年龄 45.41 ± 8.12 岁,本次入所戒断时间为 16.28 ± 6.38 个月,受教育年限 8.69 ± 3.01 年,所有海洛因戒断者都符合DSM-IV阿片类药物诊断标准,确定其都是海洛因单一药物依赖者。正常男性被试34名,年龄 46.38 ± 4.90 岁,受教育年限 7.82 ± 1.98 年,通过口头和广告两种方式招募,无药物滥用史。两组被试视力或者矫正视力正常,无色觉问题,无既往精神病史和其他严重疾病。经统计检验,两组被试的年龄($t(64) = .60, p > .05$)以及受教育年限($t(64) = -1.37, p > .05$)无显著性差异。

2.3 实验程序

采用E-Prime 2.0软件编制n-back实验任务,由于0-back任务过于简单,且其本质上属于选择性注意任务(Griebe et al., 2014);同时,以往海洛因戒断者工作记忆刷新功能的研究往往到2-back任务(杨玲等, 2018),因此本研究采用金钱奖赏和无奖赏条件下的1-back和2-back任务考察金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新的影响。在1-back任务中每种奖赏条件下有2个blocks,每个block下有30+1个trials,总共124个trials;在2-back任务中每种奖赏条件下有2个blocks,每个block下有30+2个trials,总共128个trials。实验任务采用的刺激材料是从26个英文字母中随机抽取的15个英文字母,分别为B, C, D, L, M, N, O, P, S, T, U, V, W, Y, Z,字母相同和不相同的比例为1:1。

在实验中,被试与屏幕中心距离在60cm左右。正式实验前,被试会进行一组无奖赏的练习实验,1-back任务正确率达到75%以及2-back任务正确率达到60%以上方可进入正式实验。在正式实验中被试先完成1-back任务,再完成2-back任务。在程序开始时,首先电脑屏幕会呈现指导语告诉被试任务操作以及接下来的任务完成后会不会得到奖赏,当被试完全理解任务后按“Q”键开始,电脑屏幕中心会出现一个500ms的字母刺激,接下来呈现2000ms的空屏,随后出现500ms的字母刺激,被试被要求判断当前呈现的刺激与倒数第n个刺激是否相同,相同按“F”键,反之则按“J”键,并需要又快又准地进行按键。无奖赏和金钱奖赏条件采用block间设计,如果是金钱奖赏条件下的n-back任务,

被试每次反应正确，实验程序会在后台自动记录增加一个点数，反应错误不增加点数，被试获得的点数越多，最终获得的报酬就越多。在被试进行任务操作过程中并不提示被试反应是否正确以及获得的点数，只有在中途休息时和实验结束后电脑屏幕会显示当前获得的总点数，最后主试根据被试获得的总点数支付相应的报酬。总点数在72~96点对应5元奖励，96点以上对应10元奖励，被试在实验前不知道点数和金钱的换算关系，只知道实验任务中获得的点数越多，最终获得的报酬就越多；无奖赏条件下的n-back任务不做任何记录，无任何反馈。正式实验中刺激反应对应的按键和奖赏条件的先后顺序都做了平衡。实验流程图如图1所示。

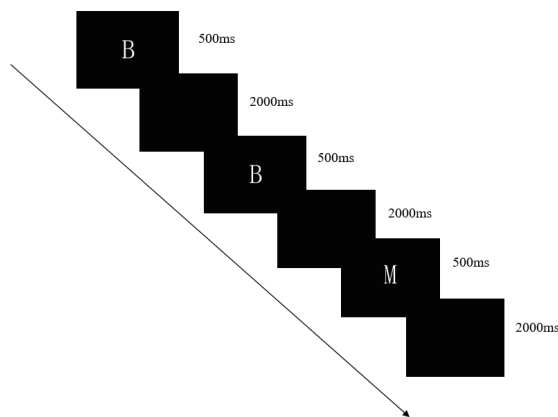


图1 实验流程图

2.4 实验数据采集和处理

采用SPSS 22.0软件对数据进行统计分析，在1-back任务中删除每个block中第一个trial的数据，在2-back任务中删除每个block中前两个trials的数据，其余trials的数据进行统计分析。对正确反应的反应时和正确率采用2（被试类型：正常组，海洛因戒断组）×2（任务类型：1-back，2-back）×2（奖赏类型：无奖赏，金钱奖赏）三因素重复测量方差分析。

3 结果

3.1 反应时

结果表明，奖赏类型主效应显著， $F(1, 64) = 59.97, p < .001, \eta_p^2 = .48$ ，无奖赏条件下的反应时显著长于金钱奖赏条件下的反应时；被试类型主效应显著， $F(1, 64) = 34.38, p < .001, \eta_p^2 = .35$ ，海洛因戒断组的反应时显著长于正常组的反应时；任务类型主效应显著， $F(1, 64) = 43.33, p < .001, \eta_p^2 = .40$ ，2-back任务的反应时显著长于1-back任务的反应时；被试类型与奖赏类型的交互作用显著， $F(1, 64) = 20.44, p < .001, \eta_p^2 = .24$ ，进一步简单效应分析，海洛因戒断组在金钱奖赏条件下的反应时显著短于无奖赏条件下的反应时（ $p < .05$ ），正常组在金钱奖赏条件下的反应时显著短于无奖赏条件下的反应时（ $p < .001$ ）（图2）。被试类型与任务类型的交互作用不显著， $F(1, 64) = .25, p > .05$ ，奖赏类型与任务类型的交互作用不显著， $F(1, 64) = .54, p > .05$ ，被试类型、任务类型和奖赏类型三者之间的交互作用不显著 $F(1, 64) = 1.66, p > .05$ （表1）。

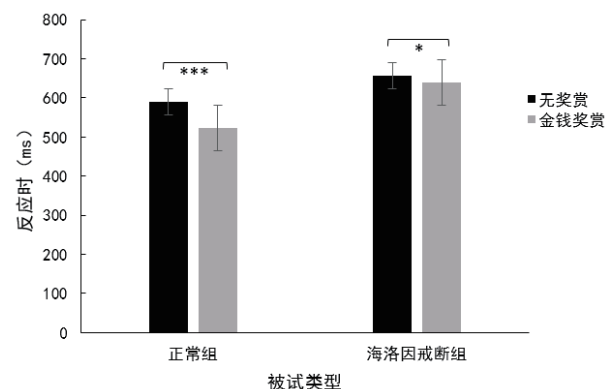


图2 两组被试在奖赏类型上的反应时

注：* $p < .05$ ，*** $p < .001$

3.2 正确率

结果表明，任务类型主效应显著， $F(1, 64) = 77.00, p < .001, \eta_p^2 = .55$ ，2-back任务的正确率显著低于1-back任务的正确率；被试类型主效应显著， $F(1, 64) = 48.31, p < .001, \eta_p^2 = .43$ ，海洛因戒断

表1 不同被试在不同任务类型下的反应时和正确率的平均值与标准差（ $M \pm SD$ ）

任务类型	奖赏类型	反应时 (ms)		正确率	
		正常组 ($n = 34$)	海洛因戒断组 ($n = 32$)	正常组 ($n = 34$)	海洛因戒断组 ($n = 32$)
1-back	无奖赏	564.43±71.88	629.28±75.91	.92±.05	.89±.06
	金钱奖赏	494.15±79.46	620.96±78.46	.93±.04	.90±.08
2-back	无奖赏	615.73±67.69	685.09±79.48	.88±.06	.73±.13
	金钱奖赏	550.60±77.01	657.83±83.17	.89±.05	.76±.12

组的正确率显著低于正常组的正确率；被试类型与任务类型的交互作用显著, $F(1, 64) = 29.26, p < .001, \eta_p^2 = .31$, 进一步简单效应分析, 在 1-back 任务中, 正常组的正确率显著高于海洛因戒断组的正确率 ($p < .05$), 在 2-back 任务中, 正常组的正确率显著高于海洛因戒断组的正确率 ($p < .001$) (图 3); 奖赏类型主效应不显著, $F(1, 64) = 2.73, p > .05$; 奖赏类型和被试类型的交互作用不显著, $F(1, 64) = .01, p > .05$; 任务类型和奖赏类型的交互作用不显著, $F(1, 64) = .58, p > .05$; 被试类型, 任务类型和奖赏类型的交互作用不显著 $F(1, 64) = 1.10, p > .05$ (表 1)。

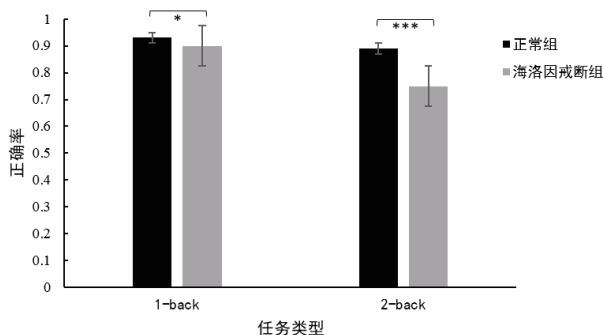


图 3 两组被试在不同任务类型上的正确率

注: * $p < .05$, *** $p < .001$

通过分析发现海洛因戒断组和正常组在金钱奖赏条件下的反应时均显著短于无奖赏条件下的反应时, 虽然与无奖赏相比, 金钱奖赏都能提高海洛因戒断者和正常人的行为表现。但是并不能体现出奖赏对两组被试的行为表现的促进幅度是否存在显著性差异。因此两种条件下行为指标的差值能更客观地反应奖赏对行为的激励作用。所以本研究采用有无金钱奖赏任务下行为数据的差值进一步做了统计分析。为了尽量保证结果为正值, 统计分析中在反应时上采用无金钱奖赏减有金钱奖赏的差值进行统计分析, 正确率采用有金钱奖赏减无金钱奖赏的差值进行统计分析。

3.3 有无金钱奖赏条件下反应时差值

采用 $2(\text{被试类型: 正常组, 海洛因戒断组}) \times 2(\text{有无金钱奖赏条件下任务表现差值: 1-back 无奖赏 - 有奖赏, 2-back 无奖赏 - 有奖赏})$ 两因素重复测量方差分析。结果表明, 被试类型主效应显著, $F(1, 64) = 20.44, p < .001, \eta_p^2 = .24$, 海洛因戒断组在有无金钱奖赏条件下任务表现差值显著小于正常组在有无金钱奖赏条件下任务表现差值; 有无金钱奖赏条件下任务表现差值主效应不显著, $F(1, 64) = .54, p > .05$; 被试类型与有无金钱奖赏条件下任务表现差值的交互作用不显著, $F(1, 64) = .20, p > .05$ (表 2)。

3.4 有无金钱奖赏条件下正确率差值

采用 $2(\text{被试类型: 正常组, 海洛因戒断组}) \times 2(\text{有无金钱奖赏条件下任务表现差值: 1-back 有奖赏 - 无奖赏, 2-back 有奖赏 - 无奖赏})$ 两因素重复测量方差分析。结果表明, 被试类型主效应不显著, $F(1, 64) = .01, p > .05$; 有无金钱奖赏条件下任务表现差值主效应不显著, $F(1, 64) = .58, p > .05$; 被试类型与有无金钱奖赏条件下任务表现差值的交互作用不显著, $F(1, 64) = 1.10, p > .05$ (表 2)。

4 讨论

本研究采用有无金钱奖赏条件下的 n-back 任务, 探讨了金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的影响。发现海洛因戒断组和正常组在金钱奖赏条件下的反应时都显著短于无奖赏条件下的反应时; 海洛因戒断组在有无金钱奖赏条件下任务表现反应时的差值显著小于正常组在有无金钱奖赏条件下任务表现反应时的差值; 在 1-back 和 2-back 任务中, 正常组的正确率显著高于海洛因戒断组的正确率。

4 讨论

虽然相比无奖赏条件, 所有被试在金钱奖赏条件下都表现出工作记忆刷新功能的提升, 但是正常组在有无奖赏条件下反应时的差值要显著大于海洛因戒断组在有无奖赏条件下反应时的差值, 表明奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的促进作用要显著小于正常组。由于个体的行为表现往往是由动机和执行功能这两个基本维度决定的 (Pessoa, 2009), 因此金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在一定的促进作用, 但是其促进作用幅度要弱于正常人的原因可能是海洛因戒断者的奖赏功能异常, 或者是工作记忆刷新功能异常, 也可能是

表 2 不同被试类型在不同任务下的有无金钱奖赏条件下反应时和正确率差值的平均值与标准差 ($M \pm SD$)

任务	反应时 (ms)		任务	正确率	
	正常组 ($n = 34$)	海洛因戒断组 ($n = 32$)		正常组 ($n = 34$)	海洛因戒断组 ($n = 32$)
1-back 无奖赏-有奖赏	70.29±60.75	8.32±54.00	1-back 有奖赏-无奖赏	.02±.05	-.00±.09
2-back 无奖赏-有奖赏	65.13±63.50	27.26±55.74	2-back 有奖赏-无奖赏	.01±.06	.03±.14

奖赏功能和工作记忆刷新功能均存在异常造成的。

首先,海洛因戒断者异常的奖赏功能可能导致金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在一定的促进作用,但是其促进作用幅度要弱于正常人。在以往研究中发现,与正常组相比,药物成瘾者的前额叶皮层(prefrontal cortex, PFC)对非药物相关奖励的敏感性明显减弱(Goldstein & Volkow, 2011)。如可卡因成瘾者对金钱价值梯度的主观敏感性较低,在本研究中超过一半的可卡因成瘾者认为10美元的主观价值与1000美元相当(Goldstein et al., 2007),提高金钱奖赏并不能提高药物成瘾者的行为表现(Goldstein et al., 2007; Goldstein et al., 2008)。双重竞争模型认为行为的结果是由动机与执行功能的交互作用造成的(Pessoa, 2009),个体通过提升动机可以影响注意的定向和再定向能力进而增强其执行功能,同时个体为了获得最大化的奖赏,动机能再分配执行功能的加工资源促进个体的行为表现。可能正是这种金钱奖赏加工异常,从而导致了海洛因戒断者与正常人相比,相同的金钱额度不能诱发同样的动机水平,导致其动机不能像正常人一样合理地分配认知资源,从而造成金钱奖赏虽然对海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在一定的促进作用,但是其促进作用幅度要弱于正常人。而且,海洛因戒断者异常的工作记忆刷新功能也可能导致金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在一定的促进作用,但是其促进作用幅度要弱于正常人。本研究在正确率上也发现了海洛因戒断者工作记忆刷新功能可能存在异常,以往研究发现在n-back任务中,海洛因戒断组的反应时显著长于正常组的反应时(杨玲等, 2018)。在正常个体中,金钱奖赏可以提高个体的工作记忆水平(Heitz et al., 2008),正常水平的金钱奖赏加工和正常水平的工作记忆能共同导致个体行为表现的提升。而海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在异常,金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的促进作用可能并不能弥补其工作记忆刷新缺陷带来的低任务能力表现。因此即使金钱奖赏可以激发海洛因戒断者的奖赏动机,对认知资源进行相应的分配,但是由于其工作记忆刷新功能受损,使其并不能很好地完成工作记忆刷新任务,也可能导致金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的促进作用幅度弱于正常人。除此之外,奖赏功能和工作记忆刷新功能均存在异常也可能导致金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新

功能存在一定的促进作用,但是其促进作用幅度要弱于正常人。与正常组相比,药物成瘾者的PFC对非药物(金钱)相关奖励的敏感性显著减弱(Goldstein & Volkow, 2011)。与工作记忆密切相关的背外侧前额叶(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)在药物成瘾个体中也表现出异常的激活(严万森等, 2011),虽然尚未有研究对药物成瘾者的奖赏和工作记忆刷新功能进行联合研究,但是根据以往药物成瘾者在奖赏和工作记忆刷新二者单独的研究结果可以推测奖赏功能和工作记忆刷新功能均存在异常也可能导致金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在一定的促进作用,但是其促进作用幅度要弱于正常人。

考虑到行为学研究方法本身的局限性,虽然我们发现金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能的促进作用弱于正常人,并对其产生该结果的可能性原因进行了探讨,但是这种异常具体是怎么引起的还需要进一步的研究。因此在以后的研究中可借助功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)技术对该问题进行深入的探究。

5 结论

金钱奖赏对海洛因戒断者工作记忆刷新功能存在一定的促进作用,但是其促进作用幅度要弱于正常人;海洛因戒断者的工作记忆刷新功能可能存在损伤。

参考文献

- 孙岩, 王晓丹, 刘沙, 李珍珠. (2017). 网络成瘾者工作记忆水平受影响的机制: 来自ERP的证据. *心理科学*, 40(5), 1208-1214.
- 严万森, 李纾, 隋南. (2011). 成瘾人群的决策障碍: 研究范式与神经机制. *心理科学进展*, 19(5), 652-663.
- 杨玲, 曹华, 马雪, 王斌强, 何圆圆, 苏红婷. (2018). 药物相关线索干扰海洛因戒断者的刷新能力. *心理科学*, 41(4), 996-1002.
- 杨玲, 张炀, 曹华, 徐景, 杜军红, 张建勋. (2019). 海洛因依赖短期戒断者工作记忆的可恢复性. *中国临床心理学杂志*, 27(4), 652-656.
- Albein-Urios, N., Martinez-González, J. M., Lozano, Ó., Clark, L., & Verdejo-García, A. (2012). Comparison of impulsivity and working memory in cocaine addiction and pathological gambling: Implications for cocaine-induced neurotoxicity. *Drug and Alcohol Dependence*, 126(1-2), 1-6.
- Barch, D. M. (2005). The relationships among cognition, motivation, and emotion in schizophrenia: How much and how little we know. *Schizophrenia Bulletin*, 31(4), 875-881.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M., & Engle, R. W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of the mind. *Psychological Bulletin*, 130(4), 553-573.
- Charles-Walsh, K., Upton, D. J., & Hester, R. (2016). Examining the interaction

- between cognitive control and reward sensitivity in substance use dependence. *Drug and Alcohol Dependence*, 166, 235–242.
- Collette, F., & van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(2), 105–125.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17(2), 172–179.
- Goldstein, R. Z., Alia-Klein, N., Tomasi, D., Zhang, L., Cottone, L. A., Maloney, T., & Volkow, N. D. (2007). Is decreased prefrontal cortical sensitivity to monetary reward associated with impaired motivation and self-control in cocaine addiction? *American Journal of Psychiatry*, 164(1), 43–51.
- Goldstein, R. Z., Parvaz, M. A., Maloney, T., Alia-Klein, N., Woicik, P. A., Telang, F., & Volkow, N. D. (2008). Compromised sensitivity to monetary reward in current cocaine users: An ERP study. *Psychophysiology*, 45(5), 705–713.
- Goldstein, R. Z., Tomasi, D., Alia-Klein, N., Cottone, L. A., Zhang, L., Telang, F., & Volkow, N. D. (2007). Subjective sensitivity to monetary gradients is associated with frontolimbic activation to reward in cocaine abusers. *Drug and Alcohol Dependence*, 87(2–3), 233–240.
- Goldstein, R. Z., & Volkow, N. D. (2011). Dysfunction of the prefrontal cortex in addiction: Neuroimaging findings and clinical implications. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(11), 652–669.
- Griebe, M., Amann, M., Hirsch, J. G., Achtnichts, L., Hennerici, M. G., Gass, A., & Szabo, K. (2014). Reduced functional reserve in patients with age-related white matter changes: A preliminary fMRI study of working memory. *PLoS ONE*, 9(8), e103359.
- Hager, O. M., Kirschner, M., Bischof, M., Hartmann-Riemer, M. N., Kluge, A., Seifritz, E., & Kaiser, S. (2015). Reward-dependent modulation of working memory is associated with negative symptoms in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 168(1–2), 238–244.
- Heitz, R. P., Schrock, J. C., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2008). Effects of incentive on working memory capacity: Behavioral and pupillometric data. *Psychophysiology*, 45(1), 119–129.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9(4), 637–671.
- Knutson, B., & Greer, S. M. (2008). Anticipatory affect: Neural correlates and consequences for choice. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), 3771–3786.
- Müller, C. P. (2013). Episodic memories and their relevance for psychoactive drug use and addiction. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 7, 34.
- Peeters, M., Janssen, T., Monshouwer, K., Boendermaker, W., Pronk, T., Wiers, R., & Vollebergh, W. (2015). Weaknesses in executive functioning predict the initiating of adolescents' alcohol use. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 16, 139–146.
- Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control? *Trends in Cognitive Sciences*, 13(4), 160–166.
- Thornton, A. E., Boudreau, V. G., Griffiths, S. Y., Woodward, T. S., Fawkes-Kirby, T., & Honer, W. G. (2007). The impact of monetary reward on memory in schizophrenia spectrum disorder. *Neuropsychology*, 21(5), 631–645.
- Yan, W. S., Li, Y. H., Xiao, L., Zhu, N., Bechara, A., & Sui, N. (2014). Working memory and affective decision-making in addiction: A neurocognitive comparison between heroin addicts, pathological gamblers and healthy controls. *Drug and Alcohol Dependence*, 134, 194–200.
- Yang, L., Xu, Q. Y., Li, S. F., Zhao, X., Ma, L., Zheng, Y. F., & Li, Y. (2015). The effects of methadone maintenance treatment on heroin addicts with response inhibition function impairments: Evidence from event-related potentials. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(2), 260–266.

The Promotion Effect of Monetary Reward on the Updating Function of Working Memory of Heroin Abstainers is Weakened

Yang Ling¹, Zhang Yang¹, Zhang Jianxun¹, Liu Pengcheng¹, Yang Yanhui¹, Liu Wenxin¹, Chen Kailin²

(¹Key Laboratory of Behavioral and Mental Health of Gansu Province, Institute of Substance Addiction and Rehabilitation, School of Psychology, Northwest Normal University, Lanzhou, 730070)(²Second Compulsory Isolation Drug Rehabilitation Institute of Gansu Province, Lanzhou, 730070)

Abstract The n-back task with or without monetary reward was used to explore the effect of monetary reward on the refresh function of working memory in heroin abstiners. The mixed experimental design of 2 (subjects type: normal group, heroin withdrawal group) \times 2 (task type: 1-back, 2-back) \times 2 (reward type: no reward, monetary reward) was adopted, in which the subjects type was the inter group variable, task type and reward type was the intra group variable, and the dependent variable index was the reaction time and correct rate of correct response.

Thirty-two male heroin abstiners were selected from a compulsory isolation and rehabilitation center in Gansu Province, and 34 normal male subjects were recruited. There was no significant difference in age and years of education between the two groups. At the beginning of the program, the computer screen would display a guide to tell the subjects whether they would be rewarded after the task operation and the following tasks were completed. When the subjects fully understood the task and pressed "Q" key to start, a 500ms letter stimulus would appear in the center of the computer screen, followed by a 2000ms blank screen, then followed by a 500ms letter stimulus. The subjects were required to judge the current thorns "Whether the stimulation is the same as the last n stimulation? Press the "F" key. Otherwise, press the "J" key. Press the key quickly and accurately." No reward and monetary reward conditions adopted block design. If it was an n-back task under the condition of monetary reward, each time the subjects responded correctly, the experimental program would automatically record and add a point in the background, and the reaction error would not increase the point. The more points the subjects got, the more reward they would eventually get. In the process of task operation, the subjects were not prompted whether the reaction was correct or not and the number of points obtained. Only during the break and after the experiment, the computer screen would display the current total number of points obtained; N-back tasks without reward would not be recorded or fed back.

The results of repeated measurement analysis of variance showed that (1) The response time of all subjects under the condition of monetary reward was significantly shorter than that under the condition of no reward; (2) The difference between the response time of heroin withdrawal group under the condition of monetary reward or not was significantly smaller than that of the normal group under the condition of monetary reward or not; (3) In the 1-back and 2-back tasks, the correct rate of the normal group was significantly higher than that of heroin withdrawal group.

The results show that monetary reward can promote the updating function of working memory of heroin abstiners. However, the extent of its promotion is weaker than that of normal people; The updating function of working memory of heroin abstiners may be damaged.

Key words heroin abstiners, updating of working memory, monetary reward