

奖惩对行为抑制能力和自主生理活动影响的时效性^{*}

谷 莉 白学军 王 芹

(天津师范大学心理与行为研究院; 国民心理健康评估与促进协同创新中心, 天津 300074)

摘 要 将 45 名被试随机分配为奖励组、惩罚组和对照组, 实验进程按时间发展过程被分为五阶段, 采用停止信号任务探讨奖惩刺激对行为抑制能力和自主生理活动影响的时效性。结果显示: 奖惩刺激对行为反应时和抑制失败率影响仅在第二、三阶段差异显著, 对心率影响的显著差异在第三阶段结束、而对皮电和指温影响的显著差异仍持续到第五阶段。结果表明: 奖惩刺激对行为的抑制作用具有时效性, 有效时间内表现为仅奖励能提高行为抑制能力; 奖惩刺激对心率的影响具有时效性, 但对其它生理指标的影响则未显示出时效性。

关键词 奖惩刺激; 时效性; 行为抑制能力; 自主生理活动; 停止信号任务

分类号 B845

1 引言

抑制是一种重要的执行控制功能, 根据发生水平被分为行为抑制和认知抑制。行为抑制是对习惯化或优势反应的抑制过程。行为抑制能力的发展与个体后期学业成绩、身体健康、物质依赖、经济收入及犯罪率等方面密切相关(Fergusson, Boden, & Horwood, 2013; Moffitt et al., 2011)。为发展良好的行为抑制能力, 临床教学中常要求个体为达成任务目标而去控制无关行为的出现, 在这个过程中, 奖励与惩罚是教育者常用的教育手段。但奖惩措施就其教育功能而言, 并非在任何条件下都具有同等效果, 如有研究表明奖惩的频率、个体对奖惩的敏感性和预期性会影响其临床效果(Crone, Bunge, Latenstein, & Van der Molen, 2005; Van der Linden, Taris, Becker, & Kindt, 2007; 李小晶, 李红, 张婷, 廖渝, 2010; 刘耀中, 唐志文, 叶海英, 2012)。然而, 奖励与惩罚的效果会持续多长时间常被研究者所忽视。正如 Schimmack, Oishi 和 Diener (2000)指出以往有关情绪性质的研究结果不一致, 是因为忽视了频率和时间变量对情绪体验的作用, 并建议应在

研究实验设计时予以重视。

Gray (1987)提出的强化敏感理论(Reinforcement Sensitivity Theory, RST)可解释奖惩与行为抑制的关系。该理论强调人体内存在的两个情绪系统, 其中, 行为趋近系统(Behavior Approach System, BAS)对奖励刺激敏感, 激活后引发趋近行为; 行为抑制系统(Behavior Inhibition System, BIS)对惩罚刺激敏感, 激活后引发抑制行为。Gray 于 2000 年重新修订 RST 理论, 新理论主张奖励及其它欲求性刺激能激活 BAS 系统, 导致趋近行为的发生; 而 BIS 系统不仅对惩罚, 也会对目标冲突较为敏感, 激活后导致抑制行为的发生。然而, 修订后的 RST 理论仍无法合理解释以下现象: (1)奖励敏感性高的个体表现出更多的抑制行为, 而惩罚敏感性高的个体表现出较少的抑制行为(DePascalis, Fiore, & Sparita, 1996; Zinbarg & Revelle, 1989); (2)情绪刺激下抑制行为的矛盾结果, 如一方面有研究表明正性情绪刺激下被试对优势反应难以控制, 呈现出较高的抑制失败率(朱昭红, 白学军, 2009; Chiu, Holmes, & Pizzagalli, 2008; Hare, Tottenham, Davidson, Glover, & Casey, 2005), 另一方面, 也有研究表明, 正性情

收稿日期: 2013-11-27

^{*} 天津市教育科学“十二五”规划课题(CE4033); 天津市高等学校人文科学研究项目(20102543); 天津市高等学校心理健康与行为调控创新团队(39)资助。

通讯作者: 白学军, E-mail: baixuejun@126.com

绪刺激下呈现较低的抑制失败率(Van der Stigchel, Imants, & Ridderinkhof, 2011; Guitart-Masip et al., 2012; Van Holst, Van Holstein, Van den Brink, Veltman, & Goudriaan, 2012)。Corr (2001)认为, 研究结果不一致多是因为对 BAS 和 BIS 系统的独立解释(独立子系统效应)。目前大多数相关研究为有效控制个体差异, 通常会以工具式条件反射为研究范式来探讨奖励与惩罚性刺激对行为抑制的影响, 即奖惩线索设置为被试内因素(Morein-Zamir et al., 2013; Crone, Jennings & Van der Molen, 2003; 朱昭红, 白学军, 2009)。这种范式要求被试根据奖惩线索提示频繁改变注意资源的分配, 从而进行快速的行为转化, 若用 BIS 和 BAS 的独立子系统去解释结果, 就必须确保两系统是分离且独立的子系统, 但大多数实验研究缺乏这种控制条件。正如 Corr 所述, BAS 和 BIS 之间存在交互作用, 用独立子系统效应去预测研究结果容易出现局限性, 一般实验室条件下会更多的发生两系统相互影响的联合效应, 即联合子系统假说。另一方面, 奖惩刺激需要一定时间才能引发情绪唤醒(Dan & Scherer, 2008), 而奖惩线索的设置也存在刺激转换过于迅速而未能引发或最大程度引发情绪唤醒的可能性。因此, 应对各强化参数进行更细致的操作性定义, 通过实证研究进一步澄清 RST 理论, 并从不同的生理层面入手, 扩大理论的适用范围(Corr, 2001; 郭少聃, 何金莲, 张利燕, 2009)。

James-Lange 情绪理论认为情绪反应发生时会计自主神经系统中两大分支系统交感神经和副交感神经的功能活动, 不同系统的功能作用会引起相应的心血管活动、皮肤电活动、瞳孔活动等变化。Fowles (2000)通过大量实证性研究证明奖励与惩罚能够诱发自主神经活动的变化, 如奖励条件促进心率的增加, 而挫折情境则促进皮肤电活动的提高, 因此心率和皮肤电活动可分别作为激活 BAS 与 BIS 系统的生理心理学指标。关于 BAS 系统促进心率增加可从趋近行为与交感神经系统的关系中去推测, 即 BAS 产生趋近行为, 行为的发生需要交感神经系统提供能量, 同样趋近行为需要交感神经促进心输出量的增加, 因此, BAS 系统的激活使交感神经兴奋, 心室收缩力增强, 心输出量增加, 表现为心率加快。而对于皮肤电活动是 BIS 系统激活的生理心理学指标则存有争议, 表现在与皮电反应直接相关的汗腺活动主要受到交感神经系统的功能支配, 且惩罚条件下皮肤电活动的增加也具有非特

异性。一项探讨情绪生理指标的研究结果显示, 不仅惩罚刺激, 奖励刺激也会使皮电反应增加(Low, Lang, Smith, & Bradley, 2008)。此外, Crone 等人(2003)在考察奖惩条件下正常儿童和 ADHD 儿童的自主生理反应特点的异同时, 发现 ADHD 和正常儿童的心率都在惩罚刺激下有所增加。这表明需要更多的实证研究通过探讨 BAS 和 BIS 两系统的生理心理学指标去揭示奖惩影响行为抑制时自主神经活动的变化规律。

本研究采用停止信号任务去探讨奖励刺激和惩罚刺激对行为抑制能力影响是否具有时效性, 并同时考察停止信号任务中, 奖励刺激和惩罚刺激对心率、皮电反应和指温等自主生理活动的影响是否具有时效性。区别于以往设置为奖惩线索范式的实验研究, 本研究考虑到奖惩刺激需要一定的情绪诱发时间, 以及独立子系统效应会影响研究结果的可靠性, 我们将奖惩刺激设置为被试间因素, 任务成功不断增加金币, 任务失败则不断失去金币, 以考察累加重复性奖惩所诱发的情绪是否能长时间作用于行为抑制能力。有研究结果显示, 情绪具有重复启动效应, 即情绪刺激重复出现时呈现重复项与新项反应时的差异, 并伴随相关脑区激活的减弱现象(Ishai, Pessoa, Bickle, & Ungerleider, 2004)。如 Marchewka 和 Nowicka (2007)利用中性和负性图片及词汇研究情绪重复启动现象, 结果发现中性刺激呈现了显著的重复效应, 而负性刺激的新异项和重复项反应时差异不显著, 说明重复启动效应较弱。另一方面, 正性情绪的重复启动效应显示出不同的结果。如 Hu, Liu 和 Zhang (2010)的研究结果发现正性、中性和负性词汇的重复启动效应随重复次数的增加而增大, 其中正性情绪词汇的重复启动效应呈现的最早, 但重复到一定次数后三个条件下的重复启动效应的差异性消失。上述研究结果显示, 尽管情绪也具有重复启动效应, 但不同情绪性质的重复启动效应会有差异, 因而重复性奖惩模式影响行为及生理的时效性也会有所不同。因此, 本研究更能为教育活动中为发展行为抑制能力而持续表扬或批评个体的教育效果提供实证性依据。

我们根据修订后的 RST 理论及联合子系统效应做出如下预测: (1)尽管奖励刺激激活 BAS 系统, 惩罚刺激激活 BIS 系统, 但由于奖惩刺激在重复性条件下引发被试对奖励欲求性的减少, 而惩罚刺激下重复启动效应较小, 因此奖励刺激对行为抑制影响的时效性更为显著; (2)奖励刺激和惩罚刺激对自

主生理活动的影响同样具有时效性,但在有效时间内奖励刺激激活 BAS 系统,从而促进心率和指温的增加,惩罚刺激激活 BIS 系统从而促进皮电反应的增加。

2 研究方法

2.1 被试

45 名健康志愿者(18 名男性,27 名女性)被平均分为 3 组(奖励组、惩罚组和对照组,每组 15 名,其中男性 6 名,女性 9 名),年龄在 18~22 (20.39 ± 0.64)岁之间,所有被试均为右利手,视力或矫正视力正常。

2.2 实验仪器

实验中用来记录被试行为反应的是精度 1 ms 计时的 Super lab 系统,通过 DELL 17 寸显示器(显示器分辨率为 1024×768)呈现刺激。被试距离显示器屏幕 60 cm。实验采用 16 导生理记录系统(BIOPAC MP150)的信号探测器、转换器、放大器等系统测量被试生理反应,记录被试在各实验阶段中的心率、指温和皮电反应。

2.3 实验任务

被试通过按键反应完成两类实验任务,第一类实验任务为无停止信号任务,即要求被试看到靶刺激“雪天”时按左键,看到靶刺激“雨天”时按右键来进行快速的按键反应。第二类实验任务为停止信号任务,即要求被试当看到“雪天”或“雨天”靶刺激的右上方出现停止信号“太阳”时不能按键(在“雪天”或“雨天”出现 500 ms 后呈现“太阳”,且“雪天”和

“雨天”的出现几率相同)。实验过程中,两种任务随机呈现。实验任务共有 70 项,被隐性分成 5 个阶段,每个阶段 14 项,其中无停止信号 10 项(占总数 71.4%),靶刺激“雪天”和“雨天”各半,有停止信号 4 项(占总数 28.6%),有停止信号任务和无停止信号任务随机呈现。奖励刺激和惩罚刺激采用金币图片作为刺激物。

每项实验任务的具体流程如下(参见图 1):①屏幕出现“请准备”指示语;②完成无停止或停止信号任务;③屏幕呈现反馈,笑脸表示反应正确,哭脸表示反应错误;④屏幕呈现奖惩刺激物以激发被试情绪,奖励组反应正确增加金币一枚,反应错误不減金币,全部正确可得 70 枚金币;惩罚组初始屏幕呈现 70 枚金币,反应正确不增加金币,反应错误减少金币一枚;对照组呈现白色空白屏幕,与奖惩组的程序进行时间一致。

2.4 实验设置和程序

生理指标的活动水平易受室温、日间周期性和被试活动状态的影响,实验中做出以下设置:保证室温恒定在 22 度;所有被试均在上午 8 点到 11 点间完成实验;休息等候期间要求被试静坐 5 分钟。

实验具体程序如下所示:

第一,连接 BIOPAC MP150 生理记录系统。要求被试放松并保持平静,持续记录被试心率、指温和皮电反应 3 min,以此作为基线值。

第二,进入实验准备阶段。介绍“游戏”规则,并告知奖惩组被试实验后所得奖品等级的大小取决于获得金币数量的多少和完成速度的快慢,并要

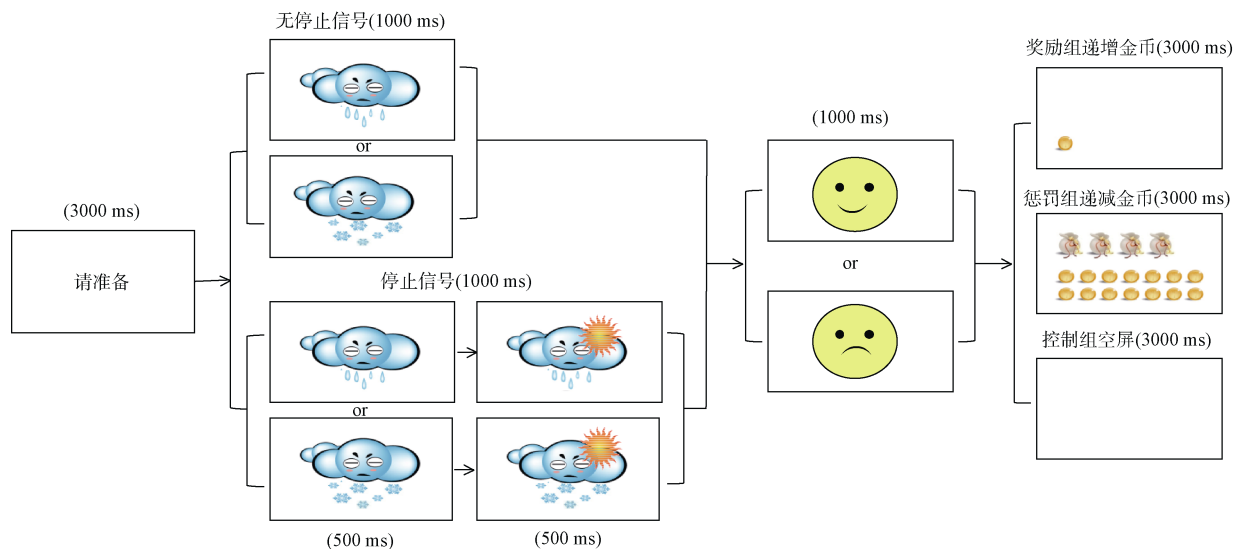


图 1 实验任务流程图

求被试在任务反应中尽可能的快速按键。

第三, 进入练习阶段。被试反复练习后确认其完全熟悉“游戏”规则。

第四, 进入正式实验阶段直至实验结束。

2.5 数据采集与分析

采集被试在奖励刺激和惩罚刺激下的行为指标, 即完成无停止信号任务时所需反应时间和完成有停止信号任务时的抑制失败率, 同时采集被试在完成每个任务中奖惩获得阶段, 即屏幕上呈现金币得失时的生理指标, 所有生理指标均以每阶段时间(按时间进程分为 5 阶段)内各任务奖惩获得阶段时的数据平均值进行分析。具体采集方法如下:

(1) 心率(Heart rate, HR): ECG100G 心电图记录放大器终端以 I 导联方式连接于被试来记录心率(每分钟心跳次数)的变化, 单位为 BMP;

(2) 皮肤电导反应(Skin conductance response, SCR): GSR100C 模块终端以 Ag/AgCl 电极缠绕被试左手无名指和食指处来记录皮肤电导反应(刺激条件下所产生的最大波动幅度)的变化, 单位为微西;

(3) 指温(Finger skin temperature, FST): SKT100C 皮肤温度放大器终端以 TSD102 热敏电阻温度传感器连接于被试左手中指处来记录被试手指皮肤温度的变化, 单位为 $^{\circ}\text{F}$ 。

本研究中的情绪诱发是一种重复并累加的奖惩刺激, 为避免持续时间和刺激频率的过度混合, 实验设置上以较少的刺激频率, 近 2 min 为一阶段的持续时间, 考察奖惩刺激对行为抑制能力和自主生理活动的阶段性影响。郑希付(2003)的研究表明, 悲伤情绪的持续时间是 2~4 min, 而愉快情绪在 8 分钟(实验的最长设置时间)内仍然保持启动效应, 研究者认为持续增长仍有待进一步探讨。因此, 本研究为考察奖惩刺激可能持续的情绪诱发时间, 按时间发生过程分为 5 阶段, 每阶段近 2 min, 包括 14 个停止信号任务(其中 10 个无停止信号任务, 4 个有停止信号任务), 总体实验时间约为 10 min。

本研究各阶段中奖惩刺激下的变化值是指, 呈现刺激后的生理指标平均值减去基线值。采用 AcqKnowledge 4.1 软件对所采集的生理数据进行离线分析。

生理数据采集过程中, 因被试移动或习惯动作(如咳嗽、抬手或抖腿习惯)会引起生理数据的较大变化, 故在数据分析时去除 4 人因心率、皮电反应或指温异常的生理数据; 行为数据分析时, 去除上

述存在生理数据异常的被试, 41 名被试的数据进入统计分析(奖励组 14 人、惩罚组 14 人和对照组 13 人)。

3 结果

对各组在五阶段中行为和自主生理指标的变化采用 3(组别: 奖励组、惩罚组、对照组) $\times$ 5(阶段: 第一阶段、第二阶段、第三阶段、第四阶段、第五阶段)的方差分析。

3.1 行为指标的阶段性变化

3.1.1 无停止信号任务的反应时成绩

各阶段无停止信号任务的反应时成绩见图 2。无停止信号任务的反应时成绩的阶段主效应显著, $F(4,152) = 10.46, p < 0.001, \eta^2 = 0.22$, Bonferroni 结果分析表明第一阶段的反应时显著低于其它四个阶段; 奖励刺激和惩罚刺激主效应不显著, $F(2,38) = 1.09$; 奖惩刺激和阶段之间交互作用显著, $F(8,152) = 2.68, p < 0.01, \eta^2 = 0.12$, 简单效应分析表明, 奖励刺激和惩罚刺激下第二阶段($p < 0.01$)和第三阶段($p < 0.05$)的反应时差异显著, Bonferroni 事后检验表明, 第二阶段中奖励组($p < 0.01$)和惩罚组($p < 0.05$)反应时显著高于对照组, 第三阶段奖励组反应时显著高于惩罚组($p < 0.05$)和对照组($p < 0.05$)。采用重复测量方差分析探讨各组的阶段性变化, 显示奖励组各阶段的反应时变化差异显著($p < 0.001$), 用 Bonferroni 方法进行两两比较, 结果发现第三阶段反应时显著高于第一阶段($p < 0.001$)、第四阶段($p < 0.05$)和第五阶段($p < 0.05$), 第二阶段的反应时显著高于第一阶段($p < 0.05$)。

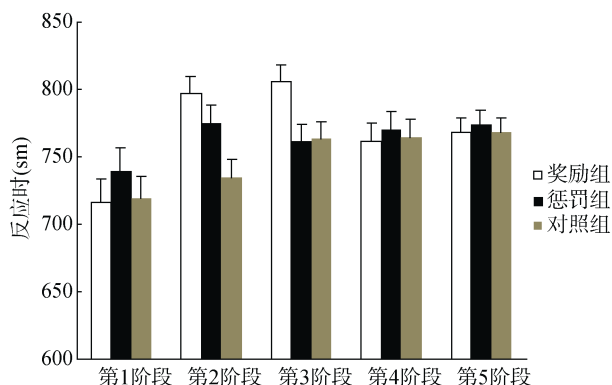


图 2 无停止信号中反应时的阶段性变化($M \pm SE$)

3.1.2 有停止信号任务的抑制失败率成绩

各阶段有停止信号任务的抑制失败率成绩见图 3。有停止信号任务的抑制失败率阶段主效应显

著, $F(4,152) = 29.51, p < 0.001, \eta^2 = 0.44$, Bonferroni 结果分析表明第一阶段的抑制失败率显著高于其它阶段; 奖惩刺激主效应不显著, $F(2,38) = 1.01$; 奖惩刺激和阶段之间交互作用显著, $F(8,152) = 3.83, p < 0.001, \eta^2 = 0.17$, 简单效应分析表明, 奖惩刺激下第二阶段($p < 0.05$)和第三阶段($p < 0.01$)的抑制失败率差异显著, Bonferroni 事后检验表明, 第二阶段奖励组抑制失败率均显著低于惩罚组($p < 0.05$)和对照组($p < 0.05$), 第三阶段中奖励组抑制失败率均显著低于惩罚组($p < 0.05$)和对照组($p < 0.01$)。采用重复测量方差分析探讨各组的阶段性变化, 显示奖励组($p < 0.001$)、惩罚组($p < 0.001$)和对照组($p < 0.01$)各阶段的抑制失败率变化差异均显著, 用 Bonferroni 方法进行两两比较, 结果发现奖励组第一阶段的抑制失败率显著高于第二阶段($p < 0.001$)、第三阶段($p < 0.001$)、第四阶段($p < 0.001$)和第五阶段($p < 0.05$), 而第二阶段($p < 0.05$)和第三阶段($p < 0.05$)的抑制失败率显著低于第五阶段; 惩罚组第一阶段的抑制失败率显著高于第二阶段($p < 0.05$)、第三阶段($p < 0.05$)、第四阶段($p < 0.05$)和第五阶段($p < 0.001$), 第三阶段抑制失败率显著高于第五阶段($p < 0.05$); 对照组第一阶段的抑制失败率显著高于第五阶段($p < 0.01$)。

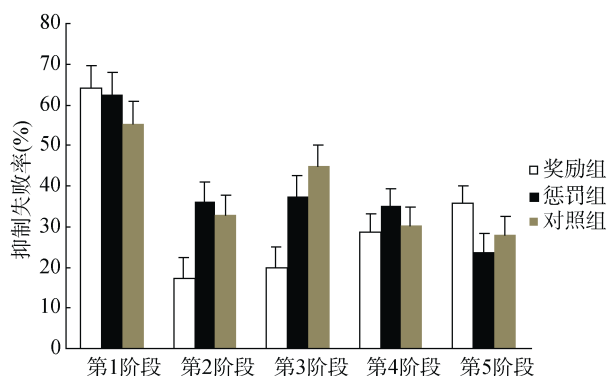


图3 停止信号中抑制失败率的阶段性变化($M \pm SE$)

3.2 生理指标的阶段性变化

3.2.1 心率

心率的阶段性变化见图4。心率变化阶段主效应显著, $F(4,152) = 57.93, p < 0.001, \eta^2 = 0.6$, Bonferroni 结果分析表明第一阶段的心率变化显著高于其它阶段; 奖惩刺激主效应显著, $F(2,38) = 4.03, p < 0.05, \eta^2 = 0.18$, Bonferroni 结果分析表明奖励组心率变化显著高于对照组; 奖惩刺激和阶段之间交互作用显著, $F(8,152) = 3.76, p < 0.001, \eta^2 =$

0.17, 简单效应分析表明, 奖惩刺激下第一阶段($p < 0.01$)、第二阶段($p < 0.01$)和第三阶段($p < 0.05$)的心率变化差异显著, Bonferroni 事后检验表明, 第一阶段中奖励组的心率变化显著高于对照组($p < 0.01$), 第二阶段中奖励组的心率变化显著高于对照组($p < 0.01$), 第三阶段中奖励组的心率变化显著高于对照组($p < 0.05$)。采用重复测量方差分析探讨各组的阶段性变化, 显示奖励组、惩罚组和对照组各阶段的心率变化差异均显著($p < 0.001$), 用 Bonferroni 方法进行两两比较, 结果发现奖励组、惩罚组和对照组第一阶段的心率变化均显著高于其它阶段。

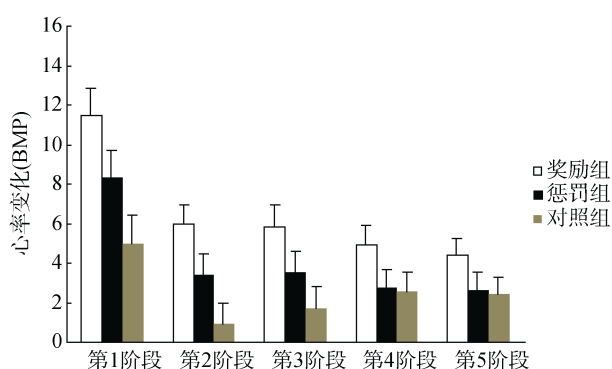
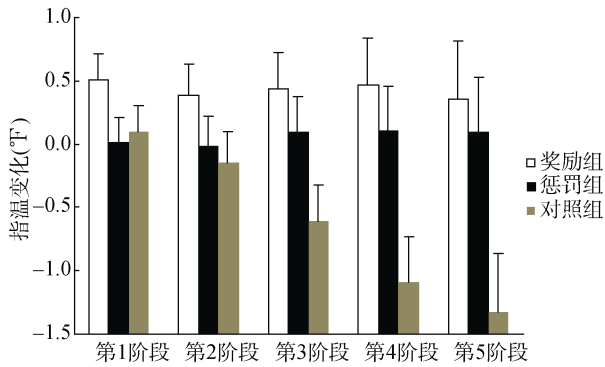


图4 心率的阶段性变化($M \pm SE$)

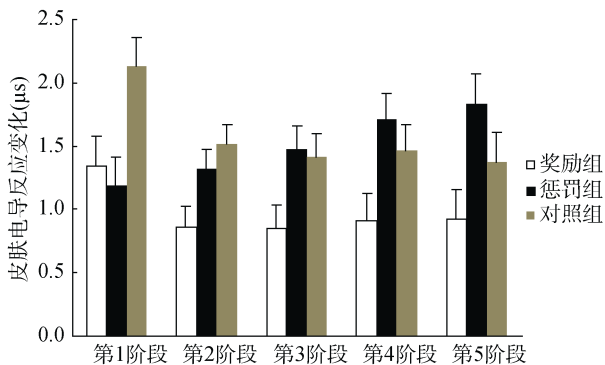
3.2.2 指温

指温的阶段性变化见图5。指温变化阶段主效应显著, $F(4,152) = 3.576, p < 0.01, \eta^2 = 0.1$; 奖惩刺激主效应显著, $F(2,38) = 3.35, p < 0.05, \eta^2 = 0.15$, Bonferroni 结果分析表明奖励组的指温显著高于对照组; 奖惩刺激和阶段之间交互作用显著, $F(8,152) = 3.85, p < 0.001, \eta^2 = 0.17$, 简单效应分析表明, 奖惩刺激下第三阶段($p < 0.05$)、第四阶段($p < 0.05$)和第五阶段($p < 0.05$)的指温变化差异显著, Bonferroni 事后检验表明, 第三、第四和第五阶段中奖励组的指温均显著高于对照组($p < 0.05$)。采用重复测量方差分析探讨各组的指温阶段性变化, 奖励组和惩罚组的阶段性指温变化均无差异, 对照组各阶段的指温变化差异显著($p < 0.001$)。用 Bonferroni 方法进行两两比较, 结果发现对照组第一阶段显著高于第三阶段($p < 0.01$)、第四阶段($p < 0.01$)和第五阶段($p < 0.01$), 第二阶段也显著高于第三阶段($p < 0.01$)、第四阶段($p < 0.01$)和第五阶段($p < 0.05$), 第三阶段则显著高于第四阶段($p < 0.01$)。

图5 指温变化($M \pm SE$)

3.2.3 皮电反应变化

皮电反应的阶段性变化见图6。皮电反应变化的阶段主效应显著, $F(4,152) = 4.61, p < 0.01, \eta^2 = 0.11$; 奖惩刺激主效应边缘显著, $F(2,38) = 3.13, p = 0.05, \eta^2 = 0.14$; 奖惩刺激和阶段之间交互作用显著, $F(8,152) = 7.72, p < 0.001, \eta^2 = 0.29$, 简单效应分析表明, 奖惩刺激下第一阶段($p < 0.05$)、第二阶段($p < 0.05$)、第三阶段($p < 0.05$)、第四阶段($p < 0.05$)和第五阶段($p < 0.05$)的皮肤电变化差异均显著, Bonferroni 事后检验表明, 第一阶段中对照组的皮电反应显著高于奖励组($p < 0.05$)和惩罚组($p < 0.01$), 第二阶段中奖励组的皮电反应显著低于中性组($p < 0.01$), 第三阶段中奖励组的皮电反应显著低于惩罚组($p < 0.05$)和中性组($p < 0.05$), 第四阶段中奖励组的皮电反应显著低于惩罚组($p < 0.05$), 第五阶段中奖励组的指温显著低于惩罚组($p < 0.05$)。采用重复测量方差分析探讨各组的皮电反应阶段性变化, 显示惩罚组($p < 0.001$)和对照组($p < 0.001$)各阶段的皮肤电变化差异均显著。用 Bonferroni 方法进行两两比较, 惩罚组第一阶段的皮肤电变化显著低于第五阶段($p < 0.05$); 对照组第一阶段的皮肤电变化则显著高于第二阶段($p < 0.05$)、第三阶段($p < 0.05$)、第四阶段($p < 0.05$)和第五阶段($p < 0.01$)。

图6 皮电反应变化($M \pm SE$)

4 讨论

4.1 奖励刺激和惩罚刺激对行为的抑制作用具有时效性

本研究的实验结果显示, 无停止信号任务的反应时在第二、三阶段呈现显著差异, 具体表现为第二阶段中奖励组和惩罚组的反应时显著高于对照组, 而在第三阶段时奖励组的反应时显著高于惩罚组和对照组。结果表明奖励与惩罚刺激均对行为过程具有抑制性作用。另一方面, 停止信号的抑制失败率差异显著性也呈现在第二、三阶段, 但表现为两阶段中奖励组的抑制失败率显著高于惩罚组和对照组, 结果表明奖励刺激提高被试的行为抑制能力。结合反应时和抑制失败率的结果来看, 重复性奖励和惩罚都会产生抑制行为, 但重复性奖励可在有效时间(第二、三阶段约 4 min)内提高行为抑制能力, 而重复性惩罚即便增加抑制行为也未能在短时间内提高行为抑制能力。关于正负性情绪影响行为抑制的研究一直存有争议。一些研究结果发现, 正性情绪刺激下被试对优势反应难以控制, 呈现出较高的抑制失败率(朱昭红, 白学军, 2009; Chiu et al., 2008; Hare et al., 2005)。另一方面, 也有研究表明, 正性情绪刺激下抑制失败率较低, 提示正性情绪能提高行为抑制能力(Van der Stigchel et al., 2011; Guitart-Masip et al., 2012; Van Holst et al., 2012)。本研究结果显示奖励刺激在有效时间内可以对优势反应加以控制, 提高行为抑制能力。Fredrickson 的拓展-塑造理论为此做出合理解释: 积极情绪为适应长远利益, 能使个体获得智力资源(包括执行控制在内)、身体资源、社会资源和心理资源, 可以拓展个体思维, 更容易发现事件的积极意义(Fredrickson, 2001)。也就是说个体在奖励刺激下更能为获得奖赏的长远目标付出努力, 使优势行为得以有效控制。而本研究中奖惩刺激均能引发任务过程中的抑制行为, 这与修订前 RST 理论中奖励刺激激活 BAS 系统产生趋近行为的假说并不相符。我们尝试用联合子系统效应及修订后的 RST 理论做出解释。Corr (2001)认为, 奖励刺激和惩罚刺激存在相互影响的联合效应, 即一种刺激可同时作用于 BAS 和 BIS, 当激活了 BAS, 就会抑制 BIS, 而激活了 BIS, 就会抑制 BAS。本研究中的奖励组被试在重复性奖励条件下降低了对欲求性刺激的敏感性, 使 BAS 激活程度减少, 从而降低了对 BIS 系统的抑制作用, 导致抑制行为的增加。而由于惩

罚引发的情绪具有较少的重复启动效应,使被试仍对惩罚刺激较为敏感,导致 BIS 系统激活从而增加抑制行为。此外,停止信号任务中对优势反应的抑制本身可成为目标冲突刺激,也会导致一定程度的对 BIS 系统的激活,所以无论奖励还是惩罚刺激都促进了行为抑制的发生。为什么正性情绪可引发重复性启动效应,而负性情绪不容易引发重复性启动效应?已有研究结果显示,负性刺激不易呈现重复启动效应,也没有引发减弱相关脑区激活的现象,研究者对此解释为,重复效应产生的机制是由于神经激活变弱,但个体对负性刺激本来就表现出神经激活增强,由于其情绪性质本身,即便再次出现,也不容易降低对神经激活的程度,从而没有明显的重复效应(Jiang, Zheng, & Li, 2013; Marchewka & Nowicka, 2007)。很多研究都证实了“负性情绪偏向”的存在(Vaish, Grossmann, & Woodward, 2008),这可能导致了重复性启动效应在情绪性质上的差异。从进化角度上看,如果个体很快适应了负性信息的重复性刺激,会导致对威胁信号的不敏感,降低对威胁信号的注意资源分配,而当危险再次来临时个体因警戒不足,无法及时做出防御就会受到伤害。另一方面, Hu 等人(2010)的研究结果则证明正性、中性和负性词汇的重复启动效应重复到一定次数后其差异性将消失,但正性情绪词汇的重复启动效应呈现的最早。这说明奖励在重复条件下更容易产生重复启动效应从而降低对被试的奖励效果。

从时效性上看,奖励组的反应时和抑制失败率与对照组间的显著差异均从第四阶段起消失,惩罚组的反应时与对照组的显著差异从第三阶段起消失,说明奖励与惩罚刺激对行为抑制的影响具有时效性。从阶段性变化上看,奖惩组的抑制失败率都在第二阶段有明显下降,可解释为被试对任务熟练掌握的结果。此后奖励组的抑制失败率逐阶段升高,在第五阶段显著高于第二、三阶段,表明奖励刺激在第二、三阶段时行为抑制能力最佳,但此后被试对重复性的奖励刺激不再敏感,表现出抑制能力的下降。惩罚组的抑制失败率也在第二阶段有明显下降,但最好成绩表现在第五阶段(存在统计学显著差异),说明重复性惩罚刺激仍持续作用于被试,使抑制失败率在第五阶段时仍呈现持续下降趋势。对照组只有第一阶段与第五阶段呈现差异。尽管我们无法推测惩罚组在此后是否仍继续下降而产生惩罚效应(与其它组的统计差异),但奖惩阶段性变化的差异至少说明重复性惩罚对行为抑制能力的

作用时间区别于重复性奖励,惩罚作用时间可能会更长,这也符合重复启动效应的情绪性质差异,正性情绪容易产生重复启动效应,负性情绪则因个体的“负性情绪偏向”不容易产生重复启动效应。

4.2 奖励刺激和惩罚刺激对自主生理活动与行为抑制产生的时效性并不同步

为验证奖励刺激和惩罚刺激对自主生理活动与行为抑制产生的时效性是否同步,我们对各组的指标和生理指标进行阶段性皮尔逊(Pearson)相关分析,但并没有呈现出相关结果。因此,奖励和惩罚刺激对自主生理活动与行为抑制产生的时效性不同步。有研究指出,生理水平与行为水平的情绪唤醒发生可存在非同步性(Quas, Hong, Alkon, & Boyce, 2000; Petri & Govern, 2004/2005)。因为行为活动的情绪唤醒需要通过个体的外在行为反应来呈现,而自主生理活动的唤醒则需要通过身体机能变化来呈现,尽管我们可以把自主神经系统的变化与行为变化相联系,以此作为对情绪唤醒的心理生理测量指标,但实际上这些指标之间是相互独立的,且缺乏实质性的相关,所以它们可能会同时发生,但不一定必须同时发生(Petri & Govern, 2005)。Mauss, Levenson, McCarter, Wilhelm 和 Gross (2005)通过诱发正负性情绪来讨论生理、行为和主观体验关系的研究结果也显示,生理变化与表情行为和主观体验之间的相关度较低。

心率结果显示,奖励组被试的心率在第一阶段到第三阶段显著高于惩罚组和对照组,从第四阶段起奖励组的心率增加的显著性消失,趋于和对照组、惩罚组一致。心脏活动接受自主神经系统两大分支系统的共同支配,其中交感神经紧张性增强时心率加快,副交感神经紧张性时心率减慢,两系统持续向心脏发放低频的神经冲动,以维持一定程度的心率变化。本研究结果显示,奖励条件下被试心率加快,可考虑为奖励刺激使交感神经兴奋加强从而导致心率活动的增加。这与 Fowles 的研究结果较为一致,验证了心率是激活 BAS 系统的生理心理学指标。因为 BAS 系统的激活可表现为趋近行为的增加,无论是能量需求还是心输出量的增加,都体现为更多的接收交感神经的功能活动。因此,本研究结果可解释为,奖励刺激激活 BAS 系统,交感神经兴奋导致心率增加。从时效性上来看,奖励刺激促进心率的增加效应持续到第三阶段结束,此后重复性奖励对心率的促进作用变得不再显著,说明奖励刺激对心率变化的影响具有时效性。此外,

各组心率的阶段性变化统计结果显示, 奖惩组的变化趋势较为一致, 说明(1)心率是反映时间进程(阶段性变化)较为敏感的生理指标。(2)心率的奖惩效价较为稳定。一项基本情绪的自主生理反应研究指出, 心率对不同情绪状态的敏感程度是不同的, 心率对愤怒、伤心和恐惧情绪非常敏感, 而在高兴、吃惊和厌恶情绪诱发下心率的变化较小(Vernet-Maury, Alaoui-Ismaili, Dittmar, Delhomme, & Chanel, 1999)。在六种基本情绪中奖励诱发的情绪更接近于高兴, 惩罚诱发的情绪更接近于厌恶, 所以本研究中心率的奖惩效价较为稳定可能与心率对奖惩诱发的情绪较不敏感, 其变化幅度较小相关。

皮肤温度可在一定程度上对局部组织微循环状况做出反应。如情绪刺激下, 皮肤微血管网的变化可改变皮肤血流量, 从而导致皮肤温度的变化。本研究结果显示, 奖励组在第三到第五阶段的指温均显著高于对照组, 我们推测这与奖惩刺激下停止信号任务的按键操作反应相关, 奖励条件增加了被试对手指按键反应及其反馈的注意, 手指骨骼肌的代谢增高, 支配手指皮肤的交感舒血管纤维兴奋, 皮肤血管扩张, 血流量增加, 从而导致指温升高。从时效性上看, 三组在第一阶段时并无统计差异, 而在第四、五阶段的组间显著差异表明, 本实验条件下重复性奖惩条件对指温并未显示出时效性。各组指温阶段性变化的统计结果发现, 与指温变化阶段性持续下降的对照组相比, 奖惩条件并没有使指温发生阶段性的变化, 说明指温的情绪效价没有受到阶段性变化的影响。这表明在完成停止信号任务过程中由于重复性奖惩条件持续作用于指温变化, 使指温变化不同于对照组, 始终保持在同一水平。

皮电反应的变化与汗液分泌相关, 主要接受交感神经系统的调节和控制。情绪状态下, 交感神经系统的激活程度发生变化, 汗腺的分泌活动随之发生变化, 汗液中含有大量电解质, 皮肤的电导反应会根据汗液分泌变化发生明显变化(Wang, Stein, & Brown, 1956)。一项通过持续情绪图片诱发皮电反应的实验研究结果显示, 正性或中性图片呈现时, 皮电反应显著下降, 而当负性图片呈现时, 皮电反应则显著上升(Smith, Low, Bradley, & Lang, 2006)。本研究中惩罚组显著增高的皮电反应结果也验证了 Fowels 关于皮电反应是 BIS 系统激活的生理心理学指标的理论假设。从时效性上看, 奖惩条件在第五阶段仍具有组别显著差异, 说明本实验条件下

重复性奖惩条件对皮电反应并未显示出时效性。各组阶段变化的统计结果发现, 奖惩条件下皮肤电的阶段性变化截然不同。与皮电反应阶段性下降的对照组相比, 而奖励组无组间显著差异性变化, 而惩罚组则呈现阶段性上升的变化趋势, 说明皮电反应的奖励效价受阶段性影响较大。为考察惩罚组的阶段性变化是否区别于对照组, 我们对两组进行了重复方差分析, 结果表明组别和阶段之间的交互作用显著, 这说明惩罚刺激使被试的皮电反应发生了阶段性变化。结果可解释为, 重复性作业对于对照组被试来说, 紧张性下降, 支配汗腺的交感神经系统功能活动降低, 汗液减少, 导致皮电反应阶段性下降; 而在重复性惩罚刺激下交感神经兴奋性增强, 汗液增多, 造成导管内部和皮肤表面的皮肤电阻减小, 导致皮肤电导阶段性增高。这与心率活动的结果并不矛盾, 心脏活动接受心迷走神经与心交感神经的双重支配, 本研究中第一阶段的心率变化显著高于其它阶段, 说明实验初始阶段心交感神经增强心脏活动, 随后心率变化减少则说明被试心率活动在心迷走神经的抑制作用增强下趋于常态, 而人在安静状态下心迷走神经对心脏活动的抑制作用占主导地位。另一方面, 皮电反应的生理机制主要与汗腺分泌相关, 而汗腺分泌仅接受交感神经系统的支配, 因此, 本研究中对惩罚刺激敏感的皮肤电活动在交感神经系统的支配下逐阶段增加, 这与阶段后期心迷走神经占主导作用导致心率活动降低的研究结果并无矛盾。

本研究发现奖励刺激而非惩罚刺激可在有效时间内提高行为抑制能力。这一结果提示我们, 在教育活动中应少用惩罚, 多采用奖励强化手段; 为延长个体对奖励刺激敏感的时间进程应避免形式相同的奖励方式, 从而有效促进行为抑制能力的发展。

5 结论

本研究条件下, 奖励刺激和惩罚刺激均对行为的抑制作用具有时效性, 有效时间内, 仅奖励刺激能提高行为抑制能力; 奖励刺激和惩罚刺激对指温和皮电反应的影响未显示出时效性, 而显示出对心率影响的时效性。

参 考 文 献

- Chiu, P. H., Holmes, A. J., & Pizzagalli, D. A. (2008). Dissociable recruitment of rostral anterior cingulate and inferior frontal cortex in emotional response inhibition.

- NeuroImage*, 42(2), 988–997.
- Corr, P. J. (2001). Testing problems in J. A. Gray's personality theory: A commentary on Matthews and Gilliland. *Personality and Individual Differences*, 30, 333–352.
- Crone, E. A., Bunge, S. A., Latenstein, H., & Van der Molen, M. W. (2005). Characterization of children's decision making: Sensitivity to punishment frequency, not task complexity. *Child Neuropsychology*, 11(3), 245–263.
- Crone, E. A., Jennings, J. R., & Van der Molen, M. W. (2003). Sensitivity to interference and response contingencies in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(2), 214–226.
- Dan, G. E., & Scherer, K. R. (2008). Neuronal processes involved in subjective feeling emergence: Oscillatory activity during an emotional monitoring task. *Brain Topography*, 20(4), 224–231.
- DePascalis, V., Fiore, A. D., & Sparita, A. (1996). Personality, event-related potential (ERP) and heart rate (HR): An investigation of Gray's theory. *Personality and Individual Differences*, 20, 733–746.
- Fergusson, D. M., Boden, J. M., & Horwood, L. J. (2013). Childhood self-control and adult outcomes: Results from a 30-year longitudinal study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 52(7), 709–717.
- Fowles, D. C. (2000). Electrodermal hyporeactivity and antisocial behavior: Does anxiety mediate the relationship? *Journal of Affective Disorders*, 61(3), 177–189.
- Fredrickson, B. L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology. The broaden-and-build theory of positive emotions. *The American Psychologist*, 56(3), 218–226.
- Gray, J. A. (1987). Perspectives on anxiety and impulsivity: A commentary. *Journal of Research in Personality*, 21, 493–509.
- Guitart-Masip, M., Huys, Q. J., Fuentemilla, L., Dayan, P., Duzel, E., & Dolan, R. J. (2012). Go and no-go learning in reward and punishment: Interactions between affect and effect. *NeuroImage*, 62(1), 154–166.
- Guo, S. D., He, J. L., & Zhang, L. Y. (2009). Reinforcement sensitivity theory of personality: A commentary. *Advances in Psychological Science*, 17(2), 390–395.
- [郭少聘, 何金莲, 张利燕. (2009). 强化敏感性人格理论述评. *心理科学进展*, 17(2), 390–395.]
- Hare, T. A., Tottenham, N., Davidson, M. C., Glover, G. H., & Casey, B. J. (2005). Contributions of amygdala and striatal activity in emotion regulation. *Biological Psychiatry*, 57(6), 624–632.
- Hu, Z., Liu, H., & Zhang, J. X. (2010). Effects of material emotional valence on the time course of massive repetition priming. *Journal of Psycholinguistic Research*, 39(3), 199–211.
- Ishai, A., Pessoa, L., Bickle, P. C., & Ungerleider, L. G. (2004). Repetition suppression of faces is modulated by emotion. *Proceedings of National Academy of Sciences of United States of America of the United States of America*, 101(26), 9827–9832.
- Jiang, D., Zheng, X., & Li, F. (2013). Consecutive repetition effects for affective-distractor pictures in a visual oddball task: Electrophysiological evidence from an ERP study. *Brain Research*, 1517, 68–76.
- Li, X. J., Li, H., Zhang, T., & Liao, Y. (2010). Characterization of children's affective decision making: Sensitivity to the frequency of punishment and reward. *Acta Psychologica Sinica*, 42(3), 395–405.
- [李小晶, 李红, 张婷, 廖渝. (2010). 奖惩频率对 3-5 岁幼儿完成博弈任务的影响. *心理学报*, 42(3), 395–405.]
- Liu, Y. Z., Tang, Z., & Ye, H. Y. (2012). The neural correlates of expectancy deviation and punishment and reward: An ERP study. *Journal of Psychological Science*, 35(4), 806–810.
- [刘耀中, 唐志文, 叶海英. (2012). 预期背离下奖励与惩罚的 ERPs 研究. *心理科学*, 35(4), 806–810.]
- Low, A., Lang, P. J., Smith, J. C., & Bradley, M. M. (2008). Both predator and prey: Emotional arousal in threat and reward. *Psychological Science*, 19(9), 865–873.
- Marchewka, A., & Nowicka, A. (2007). Emotionally negative stimuli are resistant to repetition priming. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 67(1), 83–92.
- Mauss, I. B., Levenson, R. W., McCarter, L., Wilhelm, F. H., & Gross, J. J. (2005). The tie that binds? Coherence among emotion experience, behavior, and physiology. *Emotion*, 5(2), 175–190.
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., ... Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 2693–2698.
- Morein-Zamir, S., Papmeyer, M., Gillan, C. M., Crockett, M. J., Fineberg, N. A., Sahakian, B. J., ... Robbins, T. W. (2013). Punishment promotes response control deficits in obsessive-compulsive disorder: Evidence from a motivational go/no-go task. *Psychological Medicine*, 43(2), 391–400.
- Petri, H., & Govern, J. (2005). *Motivation Theory, Research, and Applications*. Wadsworth Press. (Original work published 2004)
- [赫伯特·L·彼得里 (2005). 动机心理学 (郭本禹 译). 西安: 陕西师范大学出版社.](请核对本条文献信息)
- Quas, J. A., Hong, M., Alkon, A., & Boyce, W. T. (2000). Dissociations between psychobiologic reactivity and emotional expression in children. *Developmental Psychobiology*, 37(3), 153–175.
- Schimmack, U., Oishi, S., & Diener, E. (2000). Facets of affective experiences: A Framework for Investigations of Trait Affect. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 26(6), 655–668.
- Smith, J. C., Low, A., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2006). Rapid picture presentation and affective engagement. *Emotion*, 6(2), 208–214.
- Van der Linden, D., Taris, T. W., Becker, D. G. J., & Kindt, K. B. (2007). Reinforcement sensitivity theory and occupational health: BAS and BIS on the job. *Personality and Individual Differences*, 42(6), 1127–1138.
- Van der Stigchel, S., Imants, P., & Ridderinkhof, K. R. (2011). Positive affect increases cognitive control in the antisaccade task. *Brain and Cognition*, 75(2), 177–181.
- Van Holst, R. J., Van Holstein, M., Van den Brink, W., Veltman, D. J., & Goudriaan, A. E. (2012). Response inhibition during cue reactivity in problem gamblers: An fMRI study. *PLoS One*, 7(3), e30909.
- Vaish, A., Grossmann, T., & Woodward, A. (2008). Not all emotions are created equal: The negativity bias in social-emotional development. *Psychological Bulletin*, 134(3), 383–403.

- Vernet-Maury, E., Alaoui-Ismaili, O., Dittmar, A., Delhomme, G., & Chanel, J. (1999). Basic emotions induced by odorants: A new approach based on autonomic pattern results. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 75(2-3), 176-183.
- Wang, G. H., Stein, P., & Brown, V. W. (1956). Brainstem reticular system and galvanic skin reflex in acute decerebrate cats. *Journal of Neurophysiology*, 19(4), 350-355.
- Zhang, X. F. (2003). The priming effect of 3 emotion models by photo. *Acta Psychologica Sinica*, 35(3), 352-357.
- [郑希付. (2003). 不同情绪模式的图片刺激启动效应. *心理学报*, 35(3), 352-357.]
- Zhu, Z. H., & Bai, X. J. (2009). The effect of reward and punishment on response disinhibition, heart rate and skin conductance level during the stop signal task. *Psychological Science*, 32(4), 796-800.
- [朱昭红, 白学军. (2009). 奖惩线索对停止信号任务中抑制能力和心率、皮肤电的影响. *心理科学*, 32(4), 796-800.]
- Zinbarg, R., & Revelle, W. (1989). Personality and conditioning: A test of four models. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(2), 301-314.

Timeliness of Impact of Reward/punishment Stimulations on Behavioral Inhibition Ability and Automatic Physiological Responses

GU Li^{1,2}; BAI Xuejun^{1,2}; WANG Qin^{1,2}

(¹ Academy of Psychology and Behavior, Tianjing Normal University, Tianjing 300074, China)

(² Center of Cooperative Innovation for Assessment and Promotion of National Mental Health, Tianjing 300074, China)

Abstract

Reward and punishment play an important role in clinical education. A series of studies have indicated that the clinical effect of reward and punishment can be affected by the frequency, individual sensitivity and the expectation of reward and punishment. However, little is known about the timeliness of the role of reward and punishment. In the present study, we investigated the length of time for which the emotion triggered by cumulative reward/punishment could act on inhibition ability. This was investigated using a psycho-physiological methodology which used the stop-signal task to explore the timeliness of reward and punishment.

The experiment comprised a 3 (group: reward group, punishment group, and control group) × 5 (periodicity: stage 1, stage 2, stage 3, stage 4, and stage 5) mixed factorial design, in which stimulus condition varied between subjects, and periodicity varied within subjects. Forty-five college students were allocated to the reward group, punishment group, or control group at random. The experimental process was divided into five latent stages. The experiment used the Super Lab system to present the stimuli, and to record the response time and rate of error inhibition made by participants in the stop-signal task during each stage. Automatic physiological responses were collected continuously by a 16-channel physiological recording system during each stage.

The results showed that (1) differences in behavioral response time and error inhibition rate only occurred in Stages 2 and 3. Specifically, the response time of the reward group in Stage 2 was much higher than that in the control group; the response time of the reward group in Stage 3 was much higher than those observed in the punishment or control group; and the error inhibition rate of the reward group in Stages 2 and 3 was much lower than in the punishment or control group; (2) For automatic physiological responses, the impact of reward/punishment stimulations differed in almost all stages for skin conductance responses and finger temperature, but not heart rate.

In conclusion, the present study demonstrated that the effects of reward/punishment stimulations on behavioral inhibition ability differed across time. At the critical time periods, only the reward condition improved behavioral inhibition ability; and the punishment condition increased the inhibition response. The effects of reward stimulations across time differed for heart rate, but not skin conductance responses or finger temperature activities.

Key words reward/punishment stimulations; timeliness; behavioral inhibition ability; automatic physiological responses; stop signal task