

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：《动机在错误加工中的不一致效应：争议与整合》

作者：李亚琴 赵若兰 杨庆

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：正如作者指出，错误加工过程具有较广泛的神经基础，包括 ACC、前脑岛、dIPFC 等脑区。但是本文在探讨错误加工的时候，基本上只回顾了 ERN、Pe 这两个 ERP 指标的文献结果，因此本文的参考价值仅限于 ERP 研究领域。此外，有些研究认为 N2 家族中位于前额的子成分与错误加工有关 (Folstein & Van Petten. Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 2008, 45(1): 152-170)，也有研究认为 FRN 也与错误加工有关 (Talmi, Atkinson, & El-Deredy. The feedback-related negativity signals salience prediction errors, not reward prediction errors. *Journal of Neuroscience*, 2013, 33(19): 8264-8269)，可见即使把视野局限于 ERP 领域，本文的涵盖范围也不够完整。综上所述，在作者对本文的框架和内容作大幅度扩充之前，我认为本文不足以发表在心理科学进展上。

回应：感谢审稿专家提出的专业意见和建议。根据专家建议，我们扩大了研究视野，结合脑区激活指标、行为指标和脑电指标三个方面分析动机对于错误加工影响的不一致结果及其原因。正如专家提到的，有一些脑电成分虽然不是错误加工的特异指标，但与错误加工存在关联(如 N2、FRN) (Folstein & Van Petten, 2008; Talmi et al., 2013)，本文也将符合主题的相关文献纳入分析(详见 p.1-9 红字部分)：**N2 是由冲突刺激引发的一种呈负偏转的、刺激锁时的 ERP 成分(刺激后约 200~300ms 出现)，表征冲突监控过程(Donkers & Van Boxtel; 2004; Yeung & Cohen, 2006)。反馈相关负波(feedback-related negativity, FRN)是由反馈刺激(结果)引发的一种呈负偏转的、反馈锁时的 ERP 成分(反馈后约 250ms 出现) (Nieuwenhuis et al., 2004; 朱树青 等, 2019)，表征预期错误和结果评价过程(Hajcak, et al., 2006; 李丹阳 等, 2018; 李鹏, 李红, 2008)。已有研究表明，N2、FRN 与 ERN 有一部分共享的神经基础(如 ACC 激活) (Potts et al., 2011; Yeung et al., 2004)，表明它们与错误加工过程可能存在关联。例如，一些研究采用停止—信号范式发现，抑制失败(vs.抑制成功)的试次能够诱发更大的 N2 波幅(综述见 Folstein & Van Petten, 2008; Van Boxtel et al., 2001)；另一些研究采用时间估计任务发现，错误结果(vs.正确结果)的反馈诱发了显著的 FRN 波幅(Miltner et al., 1997; 综述见李鹏, 李红, 2008)。**

不过，ERN(及 Pe)是表征错误加工的特异成分，即由错误反应引发的一种反应锁时的 ERP 成分，专门表征错误监控过程(Gehring et al., 2018)；而 N2 或 FRN 并不特定于错误加工，因为它们还分别涉及冲突监控和结果评价过程。例如，一项研究在 Flanker 任务中发现，ERN 的产生是以错误反应为前提的，而 N2 可由一致与不一致的正确试次之间的反应冲突诱发 (Yeung & Cohen, 2006)；也有一些研究在金钱赌博任务中发现，ERN 一般特定于错误的出现，而 FRN 还与金钱结果反馈相关(Gehring & Willoughby, 2002; Nieuwenhuis et al., 2004)。因此，我们将错误加工的脑电成分概括为特异性(ERN、Pe)和非特异性成分(N2、FRN) (见表 1)。

表 1 错误加工指标及动机类型

动机类型	错误加工脑激活指标	错误加工脑电成分	错误加工行为指标
惩罚或奖励诱发的动机	ACC、dlPFC 等	特异成分: ERN、Pe	总体正确率、错误后正确率
应激诱发的动机		非特异成分: N2、FRN	正确后正确率、错误后减慢

相较于第一版,修改稿涵盖了包括脑激活指标、行为指标和脑电指标(含特异成分+非特异成分)在内的紧扣动机与错误加工关系主题的文献,扩大了研究视野和范围,使得综述更加全面,感谢专家的这一宝贵建议。

部分参考文献:

- 李丹阳, 李鹏, 李红. (2018). 反馈负波及其近 10 年理论解释. *心理科学进展*, 26(9), 1642–1650.
- 李鹏, 李红. (2008). 反馈负波及其理论解释. *心理科学进展*, 16(5), 705–711.
- 朱树青, 翟昱, 贾世伟. (2019). 反馈评估的局部背景依赖效应: ERP 研究. *心理学报*, 51(11), 1198–1206.
- Donkers, F. C., & Van Boxtel, G. J. (2004). The N2 in go/no-go tasks reflects conflict monitoring not response inhibition. *Brain and Cognition*, 56(2), 165–176.
- Folstein, J. R., & Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45(1), 152–170.
- Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295(5563), 2279–2282.
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M., Meyer, D. E., & Donchin, E. (2018). The error-related negativity. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 200–204.
- Hajcak, G., Moser, J. S., Holroyd, C. B., & Simons, R. F. (2006). The feedback-related negativity reflects the binary evaluation of good versus bad outcomes. *Biological Psychology*, 71(2), 148–154.
- Miltner, W. H., Braun, C. H., & Coles, M. G. (1997). Event-related brain potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: evidence for a “generic” neural system for error detection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 788–798.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Holroyd, C. B., Schurger, A., & Cohen, J. D. (2004). Sensitivity of electrophysiological activity from medial frontal cortex to utilitarian and performance feedback. *Cerebral Cortex*, 14(7), 741–747.
- Potts, G. F., Martin, L. E., Kamp, S. M., & Donchin, E. (2011). Neural response to action and reward prediction errors: Comparing the error-related negativity to behavioral errors and the feedback-related negativity to reward prediction violations. *Psychophysiology*, 48(2), 218–228.
- Talmi, D., Atkinson, R., & El-Deredy, W. (2013). The feedback-related negativity signals salience prediction errors, not reward prediction errors. *Journal of Neuroscience*, 33(19), 8264–8269.
- Van Boxtel, G. J. M., Van der Molen, M., Jennings, J. R., & Brunia, C. H. M. (2001). A psychophysiological analysis of inhibitory motor control in the stop-signal paradigm. *Biological Psychology*, 58(3), 229–262.
- Yeung, N., & Cohen, J. D. (2006). The impact of cognitive deficits on conflict monitoring: Predictable dissociations between the error-related negativity and N2. *Psychological Science*, 17(2), 164–171.

意见 2: 此外,本文存在一些语法和表达问题,比如摘要部分“通过梳理和比较以往研究发现,……”以及“为了进一步整合这些研究结果,……”这两个句子均缺主语。

回应: 根据建议,我们对全文(包括中英摘要)的语言表述进行了检查和修改,使语言更简明、规范。再次感谢专家老师的指导。

审稿人 2 意见:

文章写得太冗长。要瘦身，聚焦于动机与错误后加工的关系。直接地切入，相关影响因素（如人格、实验设计）要进一步简化。文章中提出的所谓理论模型仅是对已有影响因素的概括，还谈不上是理论，需要删除。理论是需要有机制假设，目前还缺乏系统的实证研究的支持、检验、完善。

回应：感谢专家老师提出的宝贵意见和建议。根据专家的建议，我们先在引言部分对错误加工的理论解释进行了瘦身(p.2-3 红字部分)，使读者能更快地进入主题。**具体修改内容**：“关于错误加工的理论解释，早期一些学者主要从认知视角提出了错误监控理论(mismatch theory, 也称表征失匹配理论; Coles et al., 2001; Falkenstein et al., 1991)、冲突监控理论(conflict monitoring theory; Botvinick et al., 1999; Yeung et al., 2004)、强化学习理论(reinforcement learning theory; Holroyd & Coles, 2002)和行为适应假说(behavior-adaptation hypothesis; Nieuwenhuis et al., 2001; Rabbitt, 1966)等(综述见 Weinberg, Riesel, & Hajcak, 2012; 蒋军, 陈安涛, 2010; 刘春雷, 张庆林, 2009), 但该视角忽视了动机在错误加工中的作用。例如, 后续一些研究发现错误会激发防御动机, 产生一系列生理、心理变化, 如皮肤电增加、心率减慢和防御性惊跳反射增强等(Hajcak et al., 2003a, 2004; Hajcak & Foti, 2008), 这些现象难以从纯粹的认知视角解释。因而, 后期一些学者尝试从动机视角解释错误加工, 提出了动机显著性理论(motivational significance theory) (e.g., Hajcak et al., 2005; Hajcak & Foti, 2008).....不过, 目前关于动机与错误加工关系的研究存在诸多不一致结论.....为了解释这些矛盾结果, 文章首先梳理对比相关研究, 分析导致不一致结论的原因, 并尝试提出一些新的见解。”

然后, 对相关影响因素进行了简化(p.7-9 红字部分), 主要将占大头的实验设计模块进一步整合和简化。**具体修改内容**：“其一, 不同错误加工范式的性质存在些许差异, 进而可能影响动机与错误加工的关系.....其二, 具体诱发方式的不同也可能影响应激与错误加工的关系.....其三, 实验设计中的逐个试次反馈(即每一试次告知被试结果)也可能影响研究结果.....其四, 对照条件的不同可能影响研究结果.....其五, 奖惩刺激属性的不同也可能影响研究结果.....综上, 实验设计方面的诸多差异都可能造成动机与错误加工关系的不一致结果, 未来研究在设计细节上需要注意考虑这些潜在的影响因素。”

之后, 淡化了理论模型(删除了原“4 动机影响错误加工的新观点”部分), 改为在总结和展望部分对于共同作用机制问题进行了简要、适当地理论探讨(p.11-12 红字部分), 体现文章的创新性。**具体修改内容**：“**4.1 进一步系统检验前述影响因素和探究共同作用机制** 以往研究较少探究动机与错误加工关系的调节变量, 未来可系统检验本研究所述的影响因素的作用, 并探索潜在的共同作用机制。通过归纳和比较这些因素, 本研究认为任务相关性可能是一个重要的共同作用机制。”

任务相关性(task relevance)是指动机指向与错误后果的绑定程度(cf. 杨庆, 李亚琴, 2023)。在高相关任务中(即动机指向与错误后果关联性较高), 比如那些错误将导致直接的奖励或惩罚的情形, 任务激励能够明确增加错误价值, 进而增强错误监控强度; 而在低相关任务中(即动机指向与错误后果关联性较低), 比如错误后果与动机操纵没有明确关联的情形(如先诱发应激而后做一个与此无关的错误加工任务), 由于错误敏感性或错误价值未能明确提升, 因而无法增强、甚至削弱(由于分散注意力)错误监控强度。有一些较为直接的证据支持该假设。例如, 在 Yang 等(2019)的研究中, 首先通过情境诱发自我不确定性(不确定组 vs. 对照组), 而后进行一项 Stroop 任务, 通过指导语操纵 Stroop 任务与被试自尊的相关性(高相关 vs. 低相关; 比如在高相关条件下告知被试该任务表现能有效预测学业能力)。结果发现, 自我不确定性的诱发能够增强自尊追求动机, 使个体在自尊高相关(而不是低相关)Stroop 任务中的错误监控程度增强(Pe 波幅增大)、反应正确率提高。该研究说明任务相关性可能调节动机与错误加工的关系。

举例来说，文化因素可能通过任务相关性这一机制调节动机与错误加工的关系。例如，研究发现，相比于为朋友获益时，欧美被试在为自己获益的条件下有更强的提升任务表现的动机，使得 ERN 波幅显著增大，而亚洲被试在这两种条件下的 ERN 波幅无显著差异 (Kitayama & Park, 2014)。文化因素可能直接影响了动机指向性与错误加工任务的关联程度，比如，欧美文化个体更加重视自我相关情境、忽视他人相关情境，从而在后续错误加工任务中的注意投入有所差别，造成 ERN 的差异。另外，在一些社会评价威胁研究中，欧美被试在威胁条件(vs.无威胁条件)中的 ERN 波幅减小(e.g., Park et al., 2009)，而东亚被试的 ERN 波幅增大(e.g., Park & Kitayama, 2014)。原因可能是，集体主义相对于个体主义文化，个体对于威胁感知更敏感(Kitayama & Park, 2010; Mendes & Park, 2014; Na & Kitayama, 2012)，在他人注视或评价威胁情境中更易将错误与个人地位、“面子”相联系，增强了错误后果与个人评价动机的相关性，进而增强错误监控程度。

从任务相关性的角度考察前述影响因素是否以交互作用的方式影响动机与错误加工的关系，也是非常有意义的。例如，研究显示，女性比男性有更强的互依型自我建构 (interdependent self-construal)，而男性比女性更易形成独立型自我建构 (independent self-construal) (Cross & Madson, 1997; Guimond et al., 2007)。互依型自我建构对社会情境信息较为敏感，而独立型自我建构对自我有关的信息更敏感 (Markus & Kitayama, 1991)。因此，性别与文化属性可能交互影响情境(任务)的相关性，进而影响动机与错误加工的关系。例如，在社会威胁情境中，女性相比男性可能对该情境中的错误更为敏感，即任务相关性增加，从而在动机增强时，错误监控程度强于男性；反之，在自我相关情境中(如涉及自我利益)，可能出现相反的趋势。

未来可从这些方面进一步深入探究和解决动机与错误加工关系不一致的问题。”

第二轮

审稿人 1 意见：

作者对文章已经进行了大刀阔斧的修改，显而易见文章质量是有进步的，对读者的参考价值也已经大大提升，待审稿流程完成后应予发表。目前剩余一个主要问题：正如作者指出，新的引言部分综合介绍了脑激活指标、行为指标和脑电指标。但是这三个指标的篇幅很不平衡，给人感觉本文内容仍然是极度倾向于脑电方面。但是在错误加工领域，脑激活指标即使不是比脑电指标更重要，两者至少也是同等重要的。为了如实反映出相关领域的研究现状，我个人建议在引言的第一段，继续增加对脑激活指标的介绍。谨推荐以下文献供作者参考：

- Park, S. Q., Kahnt, T., Beck, A., Cohen, M. X., Dolan, R. J., Wrase, J., & Heinz, A. (2010). Prefrontal cortex fails to learn from reward prediction errors in alcohol dependence. *Journal of Neuroscience*, 30(22), 7749–7753.
- Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., Botvinick, M. M., Noll, D., & Cohen, J. D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280(5364), 747–749.
- Fouragnan, E., Retzler, C., & Philiastides, M. G. (2018). Separate neural representations of prediction error valence and surprise: Evidence from an fMRI meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 39(7), 2887–2906.
- Garavan, H., Ross, T. J., Murphy, K., Roche, R. A., & Stein, E. A. (2002). Dissociable executive functions in the dynamic control of behavior: Inhibition, error detection, and correction. *Neuroimage*, 17(4), 1820–1829.
- Greenberg, T., Chase, H. W., Almeida, J. R., Stiffler, R., Zevallos, C. R., Aslam, H. A., Deckersbach, T., Weyandt, S., Cooper, C., Toups, M., Carmody, T., Kurian, B., Peltier, S., Adams, P., McInnis, M. G., Oquendo, M. A., McGrath, P. J., Fava, M., Weissman, M., Parsey, R., Trivedi, M. H., & Phillips, M. L. (2015). Moderation of the

- relationship between reward expectancy and prediction error-related ventral striatal reactivity by anhedonia in unmedicated major depressive disorder: Findings from the EMBARC study. *American Journal of Psychiatry*, 172(9), 881–891.
- Ham, T., Leff, A., de Boissezon, X., Joffe, A., & Sharp, D. J. (2013). Cognitive control and the salience network: An investigation of error processing and effective connectivity. *Journal of Neuroscience*, 33(16), 7091–7098.
- Hayden, B. Y., Heilbronner, S. R., Pearson, J. M., & Platt, M. L. (2011). Surprise signals in anterior cingulate cortex: Neuronal encoding of unsigned reward prediction errors driving adjustment in behavior. *Journal of Neuroscience*, 31(11), 4178–4187.
- Koban, L., Corradi-Dell'Acqua, C., & Vuilleumier, P. (2013). Integration of error agency and representation of others' pain in the anterior insula. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(2), 258–272.
- Niv, Y., Edlund, J. A., Dayan, P., & O'Doherty, J. P. (2012). Neural prediction errors reveal a risk-sensitive reinforcement-learning process in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 32(2), 551–562.
- Rutledge, R. B., Moutoussis, M., Smitenaar, P., Zeidman, P., Taylor, T., Hrynkiewicz, L., Lam, J., Skandali, N., Siegel, J. Z., Ousdal, O. T., Prabhu, G., Dayan, P., Fonagy, P., & Dolan, R. J. (2017). Association of neural and emotional impacts of reward prediction errors with major depression. *JAMA Psychiatry*, 74(8), 790–797.
- Santo-Angles, A., Fuentes-Claramonte, P., Argila-Plaza, I., Guardiola-Ripoll, M., Almodovar-Paya, C., Munuera, J., McKenna, P. J., Pomarol-Clotet, E., & Radua, J. (2021). Reward and fictive prediction error signals in ventral striatum: Asymmetry between factual and counterfactual processing. *Brain Structure and Function*, 226(5), 1553–1569.
- Schlagenhauf, F., Rapp, M. A., Huys, Q. J., Beck, A., Wüstenberg, T., Deserno, L., Buchholz, H. G., Kalbitzer, J., Buchert, R., Bauer, M., Kienast, T., Cumming, P., Plotkin, M., Kumakura, Y., Grace, A. A., Dolan, R. J., & Heinz, A. (2013). Ventral striatal prediction error signaling is associated with dopamine synthesis capacity and fluid intelligence. *Human Brain Mapping*, 34(6), 1490–1496.
- Wang, C., Ulbert, I., Schomer, D. L., Marinkovic, K., & Halgren, E. (2005). Responses of human anterior cingulate cortex microdomains to error detection, conflict monitoring, stimulus-response mapping, familiarity, and orienting. *Journal of Neuroscience*, 25(3), 604–613.

从上述文献可以看出，错误加工不但与 ACC、脑岛和前额叶皮层有关，而且涉及奖赏加工回路如腹内侧纹状体等——从网络的观点看，这些区域都属于所谓 salience network 的一部分。另外需要强调，我本人并不是错误加工领域的专家，因此上述列表肯定遗漏了不少重要文献，需要作者继续展开搜索工作。

回应：感谢专家提出的新的重要意见和推荐参考文献，根据意见和建议，我们进行了针对性修改，在所推荐的文献基础上还补充了一些相关文献，本次修改之处都用紫色字体标注。

首先，我们在引言第一段增加了对错误加工脑机制的介绍(详见 p. 1 紫字部分)：错误加工涉及的脑区多而复杂，不过，很多研究证据表明错误加工与大脑突显网络(salience network)密切相关(Ham et al., 2013; Ullsperger et al., 2014)。例如，一些研究发现，错误加工与前扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)、前辅助运动区(pre-supplementary motor area, pre-SMA)、前额叶皮层(prefrontal cortex, PFC; 如背外侧前额叶皮层 dlPFC)的神经活动有关(Carter et al., 1998; Fu et al., 2019, 2023; Garavan et al., 2002; Hayden et al., 2011; Kerns et al., 2004; Wang et al., 2005)。还有一些研究显示错误加工也涉及脑岛(insula) (Bastin et al., 2017; Klein et al., 2007; Koban et al., 2013; Späi et al., 2014)和腹侧纹状体(ventral striatal) (Chevrier et al., 2019; Fouragnan et al., 2018; Greenberg et al., 2015; Niv et al., 2012; Park et al., 2010; Rutledge et al., 2017; Santo-Angles et al., 2021; Schlagenhauf et al., 2013)的神经活动。一般来说，前扣带回和

前辅助运动区主要负责错误监控过程，即对错误的识别和监测等(综述见 Fu et al., 2023)，而脑岛和背外侧前额叶主要负责错误后的行为调整(Carter et al., 1998; Ridderinkhof et al., 2004; Yeung et al., 2004; 王丽君 等, 2019)，腹侧纹状体则主要参与预期错误和奖惩评估有关的加工(Greenberg et al., 2015; Park et al., 2015; Simões-Franklin et al., 2010)。

然后，结合上述脑机制情况，我们相应补充了动机与错误加工脑机制文献，比如在后文增加了动机与错误加工有关的脑岛和腹侧纹状体激活结果不一致的研究(详见 pp. 4-5 紫字部分)：关于脑岛，Cho 等(2013)采用金钱奖励延迟任务发现，金钱奖励条件相较于基线条件有显著的脑岛激活；但 Eppinger 等(2013)采用奖励学习任务却未发现两种条件在脑岛的激活差异。...在腹侧纹状体激活方面，有的研究采用确定性强化学习任务发现，精神分裂症和健康被试在奖励条件(vs.惩罚条件)下均有显著的腹侧纹状体激活(Park et al., 2015)。而有的研究采用金钱奖励延迟任务却显示，健康被试在奖励与惩罚条件的腹侧纹状体激活程度无显著差异(Carter et al., 2009)...

作者再次感谢专家老师的专业意见和指导，帮助我们提升了本文的理论参考范围，更为全面、严谨。

新增参考文献如下(高亮部分为专家推荐，其余为在此基础上作者补充的文献)：

Bastin, J., Deman, P., David, O., Gueguen, M., Benis, D., Minotti, L., ... & Jerbi, K. (2017). Direct recordings from human anterior insula reveal its leading role within the error-monitoring network. *Cerebral Cortex*, 27(2), 1545–1557.

Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., Botvinick, M. M., Noll, D., & Cohen, J. D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280(5364), 747–749.

Carter, R. M., MacInnes, J. J., Huettel, S. A., & Adcock, R. A. (2009). Activation in the VTA and nucleus accumbens increases in anticipation of both gains and losses. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 3, 21.

Chevrier, A., Bhaijiwala, M., Lipszyc, J., Cheyne, D., Graham, S., & Schachar, R. (2019). Disrupted reinforcement learning during post-error slowing in ADHD. *PLoS One*, 14(2), e0206780.

Cho, Y. T., Fromm, S., Guyer, A. E., Detloff, A., Pine, D. S., Fudge, J. L., & Ernst, M. (2013). Nucleus accumbens, thalamus and insula connectivity during incentive anticipation in typical adults and adolescents. *Neuroimage*, 66, 508–521.

Eppinger, B., Schuck, N. W., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. (2013). Reduced striatal responses to reward prediction errors in older compared with younger adults. *Journal of Neuroscience*, 33(24), 9905–9912.

Fouragnan, E., Retzler, C., & Philiastides, M. G. (2018). Separate neural representations of prediction error valence and surprise: Evidence from an fMRI meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 39(7), 2887–2906.

Fu, Z., Sajad, A., Errington, S. P., Schall, J. D., & Rutishauser, U. (2023). Neurophysiological mechanisms of error monitoring in human and non-human primates. *Nature Reviews Neuroscience*, 24(3), 153–172.

Fu, Z., Wu, D. J., Ross, I., Chung, J. M., Mamelak, A. N., Adolphs, R., & Rutishauser, U. (2019). Single-neuron correlates of error monitoring and post-error adjustments in human medial frontal cortex. *Neuron*, 101(1), 165–177.

Garavan, H., Ross, T. J., Murphy, K., Roche, R. A., & Stein, E. A. (2002). Dissociable executive functions in the dynamic control of behavior: inhibition, error detection, and correction. *NeuroImage*, 17(4), 1820–1829.

Greenberg, T., Chase, H. W., Almeida, J. R., Stiffler, R., Zevallos, C. R., Aslam, H. A., Deckersbach, T., Weyandt, S., Cooper, C., Toups, M., Carmody, T., Kurian, B., Peltier, S., Adams, P., McInnis, M. G., Oquendo, M. A., McGrath, P. J., Fava, M., Weissman, M., Parsey, R., Trivedi, M. H., & Phillips, M. L. (2015). Moderation of the relationship between reward expectancy and prediction error-related ventral striatal reactivity by anhedonia in

- unmedicated major depressive disorder: Findings from the EMBARC study. *American Journal of Psychiatry*, 172(9), 881–891.
- Ham, T., Leff, A., de Boissezon, X., Joffe, A., & Sharp, D. J. (2013). Cognitive control and the salience network: An investigation of error processing and effective connectivity. *Journal of Neuroscience*, 33(16), 7091–7098.
- Hayden, B. Y., Heilbronner, S. R., Pearson, J. M., & Platt, M. L. (2011). Surprise signals in anterior cingulate cortex: neuronal encoding of unsigned reward prediction errors driving adjustment in behavior. *Journal of Neuroscience*, 31(11), 4178–4187.
- Kerns, J. G., Cohen, J. D., MacDonald III, A. W., Cho, R. Y., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2004). Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303(5660), 1023–1026.
- Koban, L., Corradi-Dell'Acqua, C., & Vuilleumier, P. (2013). Integration of error agency and representation of others' pain in the anterior insula. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(2), 258–272.
- Niv, Y., Edlund, J. A., Dayan, P., & O'Doherty, J. P. (2012). Neural prediction errors reveal a risk-sensitive reinforcement-learning process in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 32(2), 551–562.
- Park, I. H., Chun, J. W., Park, H. J., Koo, M. S., Park, S., Kim, S. H., & Kim, J. J. (2015). Altered cingulo-striatal function underlies reward drive deficits in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 161(2-3), 229–236.
- Park, S. Q., Kahnt, T., Beck, A., Cohen, M. X., Dolan, R. J., Wrase, J., & Heinz, A. (2010). Prefrontal cortex fails to learn from reward prediction errors in alcohol dependence. *Journal of Neuroscience*, 30(22), 7749–7753.
- Rutledge, R. B., Moutoussis, M., Smittenaar, P., Zeidman, P., Taylor, T., Hrynkiewicz, L., Lam, J., Skandali, N., Siegel, J. Z., Ousdal, O. T., Prabhu, G., Dayan, P., Fonagy, P., & Dolan, R. J. (2017). Association of neural and emotional impacts of reward prediction errors with major depression. *JAMA Psychiatry*, 74(8), 790–797.
- Santo-Angles, A., Fuentes-Claramonte, P., Argila-Plaza, I., Guardiola-Ripoll, M., Almodóvar-Payá C., Munuera, J., McKenna, P. J., Pomarol-Clotet, E., & Radua, J. (2021). Reward and fictive prediction error signals in ventral striatum: asymmetry between factual and counterfactual processing. *Brain Structure and Function*, 226(5), 1553–1569.
- Schlagenhauf, F., Rapp, M. A., Huys, Q. J., Beck, A., Wüstenberg, T., Deserno, L., Buchholz, H. G., Kalbitzer, J., Buchert, R., Bauer, M., Kienast, T., Cumming, P., Plotkin, M., Kumakura, Y., Grace, A. A., Dolan, R. J., & Heinz, A. (2013). Ventral striatal prediction error signaling is associated with dopamine synthesis capacity and fluid intelligence. *Human Brain Mapping*, 34(6), 1490–1499.
- Simões-Franklin, C., Hester, R., Shpaner, M., Foxe, J. J., & Garavan, H. (2010). Executive function and error detection: The effect of motivation on cingulate and ventral striatum activity. *Human Brain Mapping*, 31(3), 458–469.
- Späi, J., Chumbley, J., Brakowski, J., Dörig, N., Grosse Holtforth, M., Seifritz, E., & Spinelli, S. (2014). Functional lateralization of the anterior insula during feedback processing. *Human Brain Mapping*, 35(9), 4428–4439.
- Ullsperger, M., Danielmeier, C., & Jocham, G. (2014). Neurophysiology of performance monitoring and adaptive behavior. *Physiological Reviews*, 94(1), 35–79.
- Wang, C., Ulbert, I., Schomer, D. L., Marinkovic, K., & Halgren, E. (2005). Responses of human anterior cingulate cortex microdomains to error detection, conflict monitoring, stimulus-response mapping, familiarity, and orienting. *Journal of Neuroscience*, 25(3), 604–613.

第三轮

审稿人 1 意见：

作者已按要求进行修改，我无补充意见。

编委 1 意见:

原则上同意发表,但建议作者在摘要部分(见下面摘抄内容)具体化本综述的主要结论,比如这些因素究竟如何影响两者关系,能不能初步提出这些因素产生效应的共同机制?或者能不能提出初步的理论框架和模型?

目前主要结论:大量研究表明,动机(如奖励、惩罚等)能够影响错误加工过程,但结果并不一致。本文在梳理和比较以往研究的基础上提出,年龄、性别、实验设计、人格和文化等因素可能影响动机与错误加工的关系,一定程度上解释矛盾结果。

回应:感谢编委老师的宝贵意见和建议。根据建议,我们完善了摘要,尝试将核心理论观点具体化(详见 p. 1 绿字部分),修改后的摘要如下:

错误加工(error processing)是个体探测错误发生并进行针对性调整的高级认知过程。大量研究表明,动机(如奖励、惩罚等)能够影响错误加工过程,但结果并不一致。本文在梳理和比较以往研究的基础上提出,年龄、性别、实验设计、人格和文化等因素可能影响动机与错误加工的关系。通过进一步整合,提出任务相关性(task relevance)可能是潜在的共同作用机制,即在与个体目标高相关的任务中,动机越强则错误加工程度增强(如更大的 ERN、Pe 波幅);而在低相关任务中,动机对错误加工的影响较弱。在这一理论框架下,上述因素可能通过影响任务相关性进而调节动机与错误加工的关系,新观点的提出有助于解释动机与错误加工关系的矛盾结果。未来一是需要系统验证上述因素及任务相关性的作用,二是关注不同类型错误和错误本身的动机作用,三是进一步探究动机与认知因素如何共同影响错误加工,这些将有助于完善和推进动机取向的错误加工理论。

编委 2 意见:

同意发表。不过,我建议英文摘要再改进一下,英文标题可以考虑改为: Effects of motivation on error processing: Controversy and integration.

回应:感谢编委老师的肯定和建议。我们将英文题目调整为“Effects of motivation on error processing: Controversy and integration”。同时,对中英文摘要进一步修改和润色(详见 p. 25 绿字部分),使语言更规范、准确。调整后的英文摘要如下:

Error processing is a senior cognitive process that for detecting the occurrence of errors and making subsequent adjustments. A large number of studies have shown that motivation (e.g., reward, punishment) can affect error processing, but findings are inconsistent. Through comparing previous studies, we propose that factors such as age, gender, experimental design, personality and culture may affect the relationship between motivation and error processing. Integrating them together, we further propose that task relevance may be a potential joint mechanism for these effects, that is, in tasks that are highly relevant to one's goal, error processing would be enhanced (e.g., heightened ERN/Pe amplitude) when one's motivation is stronger; but in low relevant tasks, the motivational effects on error processing would be weaker. Within this theoretical framework, the above factors may moderate the relationship between motivation and error processing by affecting task relevance. This new viewpoint would help for explaining the complex relationship between motivation and error processing. Future research is needed to empirically examine the effects of above factors and task relevance, explore the motivational role of different error types and motivational function of error itself, and further explore how motivational and cognitive factors may interact to affect error processing, which would advance the motivational theory of error processing.

主编意见:根据编委和审稿专家的意见,建议发表。