

## 第二轮修改回复意见

非常感谢编辑老师提供的修改机会以及两位审稿专家给出的宝贵建议。具体回复详见下文。

注：本次修改在正文中用蓝色字体标识。

### 审稿意见 1

作者针对上一轮意见进行了仔细修改，并且对修改部分和一些细节进行了标注。文章整体较之前有了较好提升。不过，仍有一些问题有待解决。

1.对于实验结果不一致的问题并没有进行深入解释。为什么直接和间接诱发社会疼痛会导致 vIPFC 的活动呈现相反的模式？为什么抑郁症病程不一样对 vIPFC 的激活不一样？为什么缓解期 vIPFC 激活是减弱的，重度抑郁却是增强的？建议进行更加合理深入地说明。

**回复：**首先需要指出，Hsu 等(2018)的研究为一篇会议摘要，之前我们未能找到其正式发表的文章。后经仔细比对，发现这篇文章已正式发表，但发表期刊及第一作者发生了变化(Yttredahl et al., 2018)。本轮中我们对该文献的引用信息进行了更新。非常感谢审稿人为我们细心指出错误。

通过精读两篇文章，我们发现之前错误地解读了 Hsu 等(2018)的结果，误认为 vIPFC 的激活模式在两篇文章中都是通过组间比较(抑郁症患者 vs. 健康对照组)得出的。实际上，Elliott 等(2012)是通过组间对比发现，社会排斥条件下患者的右侧 vIPFC 激活明显弱于对照组。而 Yttredahl 等(2018)是通过组内条件对比发现，相比于中性条件，抑郁症患者在社会拒绝条件下右侧 vIPFC 的激活增加。因此，我们认为两项研究关于 vIPFC 激活模式的结果没有矛盾。前者提示抑郁症患者可能无法像健康人那样有效调用 vIPFC 以下调社会疼痛，而后者说明抑郁症患者在社会拒绝条件下的确体验到负性情绪，并需要调用 vIPFC 来进行调节。本轮修改中，我们已在正文中补充并修订了 Yttredahl 等(2018)的研究发现(line 137-141)。

参考文献：

Elliott, R., Lythe, K., Lee, R., McKie, S., Juhasz, G., Thomas, E. J., Downey, D., Deakin, J. F., & Anderson, I. M. (2012). Reduced medial prefrontal responses to social interaction images in remitted depression. *Archives of general psychiatry*, 69(1), 37–45.

Yttredahl, A. A., McRobert, E., Sheler, B., Mickey, B. J., Love, T. M., Langenecker, S. A., Zubieta, J. K., & Hsu, D. T. (2018). Abnormal emotional and neural responses to romantic rejection and acceptance in depressed women. *Journal of affective disorders*, 234, 231–238.

2.关于 vIPFC 和 dIPFC 为什么是社会疼痛调节的关键脑区的疑问。一是作者回复中所提到的正文相关内容 (line 137-141, 176-187) 均体现的是 vIPFC 在社会情绪下的激活。二是，正文中 (line 142) 提到 dIPFC 在非社会情绪下得到更多的激活，这与该结论是相反的。建议做出更合理的解释。

**回复：** (1) 在第一轮的意见 5 中我们回复到：“目前我们发现了三项研究(He et al., 2020a; He et al., 2020b; Vrtička et al., 2011)对比了非社会负性与社会负性情绪调节”。正如审稿人所说，前两项研究(He et al., 2020a; He et al., 2020b)采用神经调控手段证明了 vIPFC 在社会疼痛情绪调节中的重要性。

(2) 已有研究表明，与一般性情绪调节类似，dIPFC 在社会性情绪调节中也发挥着重要作用(Nishiyama et al., 2015; Morese et al., 2019; Zhao et al., 2021)。Vrtička 等(2011)的研究发现 dIPFC 在社会与非社会情绪调节中均被明显激活，只是 dIPFC 在非社会条件下的激活更明显。我们认为，该研究表明 dIPFC 在一般性和社会性情绪调节过程中都很重要，但可能对一般性情绪调节过程更重要。但这与“dIPFC 是社会疼痛调节的重要脑区”并不矛盾。

我们明白审稿人的疑问，是我们之前的表述不太准确，现在我们将此句改为：“除了 vIPFC 之外，dIPFC 也是在社会疼痛情绪调节的脑成像研究中经常被激活的脑区。” (line 98-99)。“综上所述，已有的脑成像研究表明，前额叶脑区(特别是 vIPFC 和 dIPFC)不但在一般性情绪调节 (通常为非社会性情绪调节) 中发挥了重要作用，也是社会疼痛情绪调节的重要脑区(见综述 Vijayakumar et al., 2017; Wang et al., 2017)。” (line 149-151)。

参考文献：

- He, Z., Liu, Z., Zhao, J., Elliott, R., & Zhang, D. (2020a). Improving emotion regulation of social exclusion in depression-prone individuals: A tDCS study targeting right VLPFC. *Psychological Medicine*, 16, 1–12.
- He, Z., Zhao, J., Shen, J., Muhlert, N., Elliott, R., & Zhang, D. (2020b). The right VLPFC and downregulation of social pain: A TMS study. *Human Brain Mapping*, 41(5), 1362–1371.
- Morese, R., Lamm, C., Bosco, F. M., Valentini, M. C., & Silani, G. (2019). Social support modulates the neural correlates underlying social exclusion. *Social cognitive and affective neuroscience*, 14(6), 633–643.
- Nishiyama, Y., Okamoto, Y., Kunisato, Y., Okada, G., Yoshimura, S., Kanai, Y., ... Yamawaki, S. (2015). fMRI Study of Social Anxiety during Social Ostracism with and without Emotional Support. *PLoS One*. 10, e0127426.
- Vrtička, P., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2011). Effects of emotion regulation strategy on brain responses to the valence and social content of visual scenes. *Neuropsychologia*, 49(5), 1067–1082.
- Zhao, J., Mo, L., Bi, R., He, Z., Chen, Y., Xu, F., Xie, H., & Zhang, D. (2021). The VLPFC versus the DLPFC in Downregulating Social Pain Using Reappraisal and Distraction Strategies. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 41(6), 1331–1339.

3.英文摘要仍需要进一步润饰。上轮修改仅仅是删除了所提供的一个例子，整体上依旧需要简要修改。例如在第三段中，整段结构都是 we reviewed, we found..., we reviewed..., we found...。除了这一个例子外，建议英文摘要整体进行修改润色。

**回复：**本次修改中我们对英文摘要进行了仔细修改。

4.建议将第三部分（社会疼痛的情绪调节）和第四部分（总结和展望）的结构可以进一步细化，多增加小标题。例如，将第三部分拆分为两个部分，第四部分进行 1、2、3 小节分类。

**回复:** 根据您的建议,我们在本次修改中已将原来的第三部分(社会疼痛的情绪调节)按照研究技术手段分为两部分。原来的第四部分(总结和展望)进一步细化,增加了小标题。

## 审稿意见 2

1. 摘要中作者没有提到内隐和外显。

**回复:** 本次修改我们已在摘要中补充内隐和外显情绪调节(line 9-12)。

2. 一般性情绪的自动化内隐情绪调节的神经机制是什么?

**回复:** 本次修改我们补充了一般性情绪的自动化内隐情绪调节的神经机制(line 68-76)。

3. 社会排斥的自动化内隐情绪调节神经机制是什么? 与一般性情绪的内隐情绪调节机制的差异是什么? 这里,作者似乎将被试对社会排斥的自发情绪反应等同于自动化内隐情绪调节,请作者查询相关资料进行核实。

**回复:** (1) 社会排斥的自动化内隐情绪调节的主要脑区包括腹内侧前额叶皮层(vmPFC)和腹外侧前额叶皮层(vIPFC),它们通过影响背侧前扣带回(dACC)的活动来调节社会疼痛(Eisenberge et al., 2003; Onoda et al., 2010)。

(2) 与一般性情绪的内隐情绪调节不同,社会排斥内隐情绪调节额外需要社会认知脑区的参与,例如后扣带回(posterior cingulate cortex, PCC; Kross et al., 2007)。

(3) 目前认为,人们对情绪性刺激的情绪反应主要包含两部分:对情绪刺激的体验(狭义的情绪反应)以及内隐情绪调节(Aband et al., 2019)。对情绪的体验主要依赖边缘系统(杏仁核、前脑岛、dACC等),内隐情绪调节主要依赖内侧前额叶,某些种类的内隐或自动化情绪调节也需要外侧前额叶的参与。内隐情绪调节的特点是缺乏明确的指导语,由刺激本身自动诱发,可以在没有觉察和意识的情况下发生并完成(Etkin et al., 2015; Gyurak et al.,

2011)。相对于主动的情绪调节，自动化的调节能够在不需要或需要较少意志努力的情况下自动完成(Mauss, Bunge, et al., 2007)。因此，我们认为被试对社会排斥的情绪调节是由刺激自动诱发，在需要较少意志努力的情况下自动完成的，属于自动化的内隐情绪调节。

参考文献：

- Abend, R., Sar-El, R., Gonen, T., Jalon, I., Vaisvaser, S., Bar-Haim, Y., & Hendler, T. (2019). Modulating Emotional Experience Using Electrical Stimulation of the Medial-Prefrontal Cortex: A Preliminary tDCS-fMRI Study. *Neuromodulation: journal of the International Neuromodulation Society*, 22(8), 884–893.
- Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D., & Williams, K. D. (2003). Does rejection hurt? An FMRI study of social exclusion. *Science*, 302(5643), 290–292.
- Etkin, A., Büchel, C., & Gross, J. J. (2015). The neural bases of emotion regulation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(11), 693–700.
- Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: a dual-process framework. *Cognition & emotion*, 25(3), 400–412.
- Kross, E., Egner, T., Ochsner, K., Hirsch, J., & Downey, G. (2007). Neural dynamics of rejection sensitivity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(6), 945–956.
- Mauss, I. B., Bunge, S. A., & Gross, J. J. (2007). Automatic Emotion Regulation. *Social and Personality Psychology Compass*, 1(1), 146–167.
- Onoda, K., Okamoto, Y., Nakashima, K., Nittono, H., Yoshimura, S., Yamawaki, S., ... Ura, M. (2010). Does low self-esteem enhance social pain? The relationship between trait self-esteem and anterior cingulate cortex activation induced by ostracism. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 5(4), 385–391.

4.“安慰剂效应为外显、自动化的情绪调节”，自动化有何依据？列出相应参考文献

**回复：**安慰剂效应具有外显的情绪调节目标，但是情绪改变过程主要是自动化的(Braunstein et al., 2017)。安慰剂效应依赖于对“安慰剂”建立起的预期信念和条件化(Wager & Atlas, 2015)。预期信念即认为安慰剂可有效改变我们对刺激的反应方式（例如认为安慰剂可以止

痛)，这通常为外显的具有目标性的认知加工。条件化指将一个中性的刺激与有意义的结果关联起来的过程。条件化之后，中性的刺激（安慰剂）可诱发出预期的有生物学价值或意义的反应。条件化的反应是一个不依赖于自顶向下控制的自动化过程。综上，目前安慰剂研究领域通常认为安慰剂效应是外显的自动化的过程。在本次修改中，我们加入了这两篇重要文献(line 103-104)。

参考文献:

- Braunstein, L. M., Gross, J. J., & Ochsner, K. N. (2017). Explicit and implicit emotion regulation: a multi-level framework. *Social cognitive and affective neuroscience*, 12(10), 1545–1557.
- Wager, T. D., & Atlas, L.Y. (2015). The neuroscience of placebo effects: connecting context, learning and health. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 403–18.

#### 第一轮修改回复意见

非常感谢编辑老师提供的宝贵机会以及两位审稿专家给出的宝贵建议。具体回复详见下文。

注：本次修改在正文中用蓝色字体标识。

#### 审稿意见 1

该论文聚焦社会疼痛下情绪调节的神经机制，从情绪调节对社会性疼痛的重要性出发，梳理了该领域相关的影像学和神经调控学研究，总结出了参与社会疼痛情绪调节的重要脑区，并提出了未来相关研究的努力方向。总体来说，这篇文章框架较为清晰，研究议题较为聚焦，对社会疼痛的相关研究具有启发意义。不过，该项工作在文献梳理和关键结论论证方面有待加强。以下是一些具体的意见。

1. 在一般性情绪调节部分，提到了不同的情绪调节策略，如分心和认知重评。不同的情绪调节策略的脑活动有什么异同？可进行适当论述。

回复：感谢审稿人的建议。在本次修改中，我们对相关内容进行了补充（line 71-77）。

2. 一般情绪调节部分中的最后一段提到了一些电生理指标，文章的主要关注点是在一些脑结构上，并且后文也并没有提及这些指标，上下文的连接不是特别恰当，可进行适当删改。

回复：感谢审稿人的建议，我们已将此内容删除（line 32-33, 66-69）。

3. 在社会疼痛情绪调节部分，精神疾病患者的结果差异放在这里有点突兀。结论基于精神疾病患者的情绪调节策略相较于对照组更弱而得出。但是，精神疾病患者的情绪调节策略一定是弱的吗？

回复：非常感谢审稿人提出的问题。

首先，可能由于分段原因，我们未能清晰传达行文逻辑。与前文“一般性情绪调节”部分类似，我们首先介绍了健康人群的一般情况，而后介绍了情绪障碍患者的异常表现。由于综述的重点在于“社会疼痛的情绪调节”，因此在“社会疼痛”部分我们对健康人群和情绪障碍患者的阐述比在“一般性情绪调节”一节更加详细。我们已对承上启下的相关语句进行了修改（line 102-103）。

其次，基于已有研究，情绪障碍患者在情绪调节策略上的表现的确弱于健康人群，主要体现在两个方面：（1）情绪调节策略的选择。与健康人群相比，患者更倾向于选择适应不良策略，如表达抑制。（2）情绪调节的效果。患者在指导下采用适应性情绪调节策略时，其调节效果弱于健康人群。当然，以上都是基于已有研究得出的结论，“精神障碍患者的情绪调节策略一定是弱的吗？”这是一个值得思考的问题，需要进一步的考察。

4. 对于精神疾病相关研究中研究结果不一致的原因，仅仅提到了是实验范式的不一致。建议从多方面进行更加深入的解释，使其更具有说服力。

回复：非常感谢审稿人的建议。在本次修改中，我们对不一致结果进一步进行了讨论（line 114-119）。

5. 文章最后总结出 vIPFC 和 dIPFC 是社会疼痛调节的关键脑区,但这两个脑区也是一般情绪调节的关键脑区,并没有显示出其在社会性疼痛条件下情绪调节的特异性。可以增加一些对比研究的结果来说明其特异性。

回复: 非常感谢审稿人的建议。正如审稿人所说,不少研究表明:一般情绪调节和社会疼痛调节均需要 vIPFC 和 dIPFC 的参与。目前我们发现了三项研究(He et al., 2020a; He et al., 2020b; Vrtička et al., 2011)对比了非社会负性与社会负性情绪调节,在正文中均已列出 (line 137–141, 176–187) 。

参考文献:

- He, Z., Liu, Z., Zhao, J., Elliott, R., & Zhang, D. (2020a). Improving emotion regulation of social exclusion in depression-prone individuals: A tDCS study targeting right VLPFC. *Psychological Medicine*, 16, 1 – 12
- He, Z., Zhao, J., Shen, J., Muhlert, N., Elliott, R., & Zhang, D. (2020b). The right VLPFC and downregulation of social pain: A TMS study. *Human Brain Mapping*, 41(5), 1362 – 1371.
- Vrtička, P., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2011). Effects of emotion regulation strategy on brain responses to the valence and social content of visual scenes. *Neuropsychologia*, 49(5), 1067 – 1082.

6. vIPFC 和 dIPFC 是社会疼痛调节的关键脑区的关键性如何体现? 仅仅是因为众多研究对其进行报告? 怎么体现与其他脑区相比, 它们在社会疼痛情绪调节中的关键作用。

回复: 非常感谢审稿人提出的问题。众多相关性以及因果性研究均报告 vIPFC 和 dIPFC 是社会疼痛情绪调节的重要脑区。然而, 此类研究并未将 vIPFC、dIPFC 与其他相关脑区进行直接对比以体现其关键性。“怎么体现与其他脑区相比, vIPFC 和 dIPFC 在社会疼痛情绪调节中的关键作用”, 这确实是一个很好的值得进一步探讨的问题。本次修改中, 我们在总结与展望部分对此内容进行了阐述 (line 207–212) 。



7. 文章中神经调控研究主要说明了 vIPFC 在社会疼痛情绪调节中的作用, 缺乏 dIPFC 相关的证据, 可以对这一部分进行适当补充。

回复: 非常感谢审稿人的建议。现有社会疼痛情绪调节主题下的神经调控研究主要以 vIPFC 脑区为主, dIPFC 脑区的研究非常少, 已在正文中列出 dIPFC 相关研究证据 (Zhao et al., 2021) (line 183–187)。我们课题组最近也在继续开展 dIPFC 的相关研究, 但论文尚未发表。

参考文献:

Zhao, J., Mo, L., Bi, R., He, Z., Chen, Y., Xu, F., Xie, H., & Zhang, D. (2021). The VLPFC versus the DLPFC in Downregulating Social Pain Using Reappraisal and Distraction Strategies. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 41(6), 1331 – 1339.

8. 文章中提到社会疼痛的情绪调节还需要社会认知脑网络的参与, 包括 pSTS, TPJ, PCC 等, 但是并未提供直接的相关研究证据, 可对该部分进行适当补充。

回复: 非常感谢审稿人的建议。可能是我们在文章中写得不够明确, 我们的初稿已经涉及了相关研究证据, 本轮修改我们进一步修订了这部分内容 (line 129–132, 137–141, 144–149)。

参考文献:

Eisenberger, N. I., Inagaki, T. K., Muscatell, K. A., Byrne Haltom, K. E., & Leary, M. R. (2011). The neural sociometer: brain mechanisms underlying state self-esteem. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(11), 3448 – 3455.

Kross, E., Egner, T., Ochsner, K., Hirsch, J., & Downey, G. (2007). Neural dynamics of rejection sensitivity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(6), 945 – 956.

Morese, R., Lamm, C., Bosco, F. M., Valentini, M. C., & Silani, G. (2019). Social support modulates the neural correlates underlying social exclusion. *Social cognitive and affective neuroscience*, 14(6), 633 – 643.

Vrtička, P., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2011). Effects of emotion regulation strategy on

brain responses to the valence and social content of visual scenes. *Neuropsychologia*, 49(5), 1067 – 1082.

9. 英文摘要请进行润饰。可进行精简，部分文字略显多余。例如，

“On the basis of summarizing the existing studies, we look forward to the research in this field.”

回复：感谢审稿人的建议，本次修改中我们对英文摘要进行了润饰。

## 审稿意见 2

作者使用文献综述法回顾了《社会疼痛情绪调节的脑神经机制》。对社会疼痛的脑机制研究在临床情绪相关障碍的治疗和管理上具有重要意义。

但是该论文具有以下问题：

1. 论文结构粗略，基本只是文献的堆砌，论述不清，缺乏条理。作者应区分不同的被试群体、不同的实验室诱发范式以及得到的主要结果等方面分别进行详细阐述。

回复：非常感谢审稿人的建议。在本次修改中，我们已将不同被试群体分开论述。在写作初期我们也尝试过以社会疼痛诱发范式为主线进行综述，此方案虽条理清晰、但另一方面也会弱化我们的主题。考虑到我们关注的重点在于社会疼痛的情绪调节及其神经机制，因此，在经过多次调整后，我们确定了当前的逻辑：大的框架是先简要概述一般情绪调节，然后重点介绍社会疼痛的情绪调节。两大板块中分别论述了健康人和临床人群的表现。从已有研究发来看，不同诱发范式得到的实验结果“大同小异”，因此我们决定本文不以范式为主线进行阐述，而是在介绍各项研究时分别说明该研究的范式。希望审稿老师也能同意我们的上述观点。

2. 概念混淆：论文题目中的“情绪调节”，作者论述时，有时是指社会疼痛引发的脑响应，有时指通过情绪调节策略调节社会疼痛。作者在第 2 部分中的情绪调节，是使用某种策略进

行调节。但是第三部分中的情绪调节则比较混淆，有些研究并未使用情绪调节策略。作者在 3.1 第二段第二句和 4 总结和展望的第一点中指出，目前未有实验研究被试主动调节社会疼痛。那么，作者论文题目中的情绪调节究竟是何意。

4. 论文中，作者提到被试有无“主动调节情绪”，但是在论文中，作者并没有清晰论述主动调节、自动调节，而是杂糅在一个版块下。

回复：非常感谢审稿人提出的上述两个问题。论文题目中的情绪调节主要包括自动化的内隐情绪调节和主动的外显情绪调节。根据 Braunstein 等(2017)提出的情绪调节框架，自动化的内隐情绪调节由刺激自动唤起，无需自我监控和明确的指导语，此过程在个体无意识的情况下对非适应性的情绪进行调节。主动的外显情绪调节需要个体通过意识启动，同时需要一定程度的自我监控，在实验室研究中通常是通过情绪调节指导语来实现的(Etkin et al., 2015; Gyurak et al., 2011) (line 51–56)。本轮修改，我们在论文第 3 部分，即“社会疼痛的情绪调节”部分明确说明了各项研究的情绪调节类型，并分开论述了自动化的内隐情绪调节和主动的外显情绪调节的相关研究。

参考文献：

- Braunstein, L. M., Gross, J. J., & Ochsner, K. N. (2017). Explicit and implicit emotion regulation: a multi-level framework. *Social cognitive and affective neuroscience*, 12(10), 1545 – 1557.
- Etkin, A., Büchel, C., & Gross, J. J. (2015). The neural bases of emotion regulation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(11), 693 – 700.
- Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: a dual-process framework. *Cognition & emotion*, 25(3), 400 – 412.

3. 在论文中作者提到精神障碍患者和情绪障碍患者，注意统一用词。另外，精神障碍患者并非都有情绪调节问题，作者表述的时候应严谨。

回复：非常感谢审稿人的建议，我们对相关用词进行了修改。

5. 第 1 部分引言中的第三段，临床治疗社会疼痛的说法科学吗？社会疼痛是什么疾病？

回复：非常感谢审稿人提出的问题，我们将此句修改为“帮助临床以社会疼痛为切入点，通过恢复精神疾病患者（特别是情绪障碍患者）对社会疼痛的调节能力，从而帮助他们治疗情绪和社会认知障碍，恢复社交功能”（line 43-45）。

6. 第 2 部分第二段，作者综述的许多研究是健康被试还是患者不清，这些研究中的情绪调节的策略或方法是什么，与第一段介绍的情绪调节策略有何关系。

回复：非常感谢审稿人提出的问题。我们对此部分内容进行了修改和补充。在本轮修改中，我们先介绍了健康人群的一般情况，而后介绍情绪障碍患者的异常表现。另外，我们在第二段明确了相关研究中运用的情绪调节策略，与第一段的策略介绍相呼应（line 72-81）。

7. 3.1 第二段，对于抑郁症患者的右侧 vIPFC 研究结论相反的两个研究，作者给出的解释是研究范式不同，作者并未进一步论述两种范式的优劣以及原因。另外，仅归因于研究范式不同缺乏说服力。

回复：非常感谢审稿人的建议。在本轮修改中，我们对此不一致结果的理解进行了补充讨论（line 114-119）。

8. 建议作者对 3.2 神经调控研究部分，以研究问题为主线而不是以研究团队进行论述。

回复：非常感谢审稿人的建议，本次修改中我们重新按照研究问题为主线进行了梳理与论述（line 158-160, 169）。

9. 总结和展望部分：“第二，推进精神障碍患者对社会疼痛情绪调节的实验室及临床治疗研究。”有语病。应对“推进对精神障碍患者的社会疼痛……”。

回复：非常感谢审稿人的意见。已在正文中进行修改（line 219）。

10. 建议作者在论文中将临床精神障碍患者的干预或实验研究作为单独一部分综述。

回复：非常感谢审稿人的建议。我们的综述重点在于社会疼痛的情绪调节及其对应的神经机制，由于行文逻辑（先简要介绍一般情绪调节，再重点介绍社会疼痛情绪调节的神经机制）以及篇幅原因，我们不便将情绪障碍的相关研究单独进行综述，而是在上述两个部分中，分别论述健康人群和临床情绪障碍患者的相关内容。再次感谢审稿人的建议。

11. 作者得出结论：“应该采用神经调控或神经反馈技术对患者进行系统的、有针对性的情绪调节认知训练”，应谨慎。

回复：非常感谢审稿人的建议。基于更严谨的态度，已在正文中对该结论的表述进行了修改（line 221–224）。

12. 总结和展望部分第三点，作者认为社会疼痛的实验室诱发范式需得到优化，但是在论文中，作者并没有系统论述和比较不同的实验范式。

回复：非常感谢审稿人提出的问题。考虑到文章的重点，我们并未对不同实验范式进行系统论述和比较。已在总结与展望部分删改了该部分内容（line 225–231）。

13. 其他问题：第 2 部分第一句定义应有参考文献。

回复：感谢审稿人的建议，我们已对此内容进行了补充（line 51）。

情绪调节是指我们影响自己情绪的过程，包括我们什么时候产生情绪，以及我们如何体验和表达这些情绪(Gross, 2015)。

参考文献：

Gross, J. J. (2015). Emotion Regulation: Current Status and Future Prospects. *Psychological Inquiry*, 26(1), 1 – 26.



