

# 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：对疼痛线索的晚期注视偏向预测慢性疼痛的维持：来自眼动的证据

作者：杨周；朱嘉雯；苏琳；熊明洁；Todd Jackson

---

## 第一轮

### 审稿人 1 意见：

该研究探究了慢性疼痛患者对疼痛线索注视偏向的动态时间进程及其对六个月后慢性疼痛发展的预测作用。研究结果表明：对疼痛线索的晚阶注意偏向（1000-1500 ms、1500-2000 ms）可以预测六个月后慢性疼痛强度和功能损伤的维持。总体来说，该研究新颖性高，研究方法得当，研究意义重大。具体问题如下：

**意见 1：**该研究结果揭示了慢性疼痛患者对疼痛线索注视偏向对慢性疼痛发展的预测作用，为注意训练提供了靶目标。该结论可能不合适，为什么为注意训练提供了靶目标？靶目标是什么？且注意训练对慢性疼痛的发展是否有作用还有待进一步研究。

**回应：**非常感谢专家的宝贵意见。

靶目标是临床上对于治疗干预目标常用的术语，指的是干预所针对的目标(如 张璐 等 al., 2008; 楚惠媛, 陈彻, 2003)。注意矫正训练的最终目标是降低慢性疼痛患者的疼痛强度和个人痛苦，提升患者的身体和社会功能。减少慢性疼痛患者对疼痛线索的注意偏向是达到最终目标的途径和方法之一。因此，本研究描述的为注意训练提供了靶目标确实不合适。该描述被修改为“为注意矫正训练中设置合适的疼痛线索呈现时长提供了参考。”我们对相关表述也进行了修改（具体见正文 P22 页倒数第二段）。

尽管注意矫正训练在焦虑等领域已经被验证具有重要意义(Hakamata et al., 2010)，其对慢性疼痛的作用在目前尚未得到有效验证。通过梳理前人研究发现，当注意矫正训练中的疼痛线索呈现时间过短时，注意矫正训练效果不明显，但是当疼痛线索呈现时间较长时，注意矫正训练效果明显。因此，注意矫正训练是否有效可能取决于疼痛线索的呈现时间。那么，注意矫正训练中疼痛线索呈现多长时间为宜？解决这一科学问题，需要明确对疼痛线索注视偏向的动态进程，并进一步澄清动态进程中哪些阶段的注视偏向与慢性疼痛的发展关系密切？

早期使用反应时的研究通过比较慢性疼痛患者和无痛控制组，探究慢性疼痛患者对疼痛线索的注意偏向。Crombez 等(2013)对基于反应时的 18 项研究进行元分析发现，线索呈现时间小于 1000 ms 时，慢性疼痛患者不存在注意偏向，但是当刺激时间呈现大于 1000 ms 时，患者存在显著的注意偏向，并且与健康控制组的差异显著。还有研究进一步发现，慢性疼痛

患者在疼痛线索呈现的 1000-2000 ms 时间窗上的注视时间比健康群体更长(Fashler & Katz, 2016)。但是,最近的一项元分析表明,大多数研究并未发现慢性疼痛患者与无痛对照组对疼痛线索的注视差异,二者均表现出对疼痛线索早期和维持阶段的注视偏向(Chan et al., 2020)。该研究纳入了 24 项探查疼痛线索相关注视偏向的眼动研究,总计 1424 名被试,其中 13 项研究纳入共计 486 名慢性疼痛被试。该研究表明,疼痛线索作为环境中的凸显信息,可能均会被慢性疼痛患者和无痛健康者优先注意,因而表现出对疼痛线索的注视偏向。

比较慢性疼痛患者和无痛健康者对疼痛线索的注视偏向差异,对于澄清注视偏向在慢性疼痛发展中的作用可能有限。本研究使用眼动追踪技术,结合纵向研究方法,考察对疼痛线索注视偏向的动态进程及其与慢性疼痛的发展之间的关系,可能更有助于揭示注视偏向动态进程中哪些阶段的指标与慢性疼痛的发展具有密切关系,并进一步为注意矫正训练中设置合适的疼痛线索呈现时长提供参考。本研究发现,慢性疼痛患者在点探测视觉任务中,与中性线索相比较,在疼痛线索呈现的前三个时间窗(0-500 ms、500-1000 ms、1000-1500 ms)上表现出注视维持偏向,在第四个时间窗(1500-2000 ms)上则没有。在融入真实疼痛刺激的视觉任务中,与中性线索相比较,对疼痛线索呈现的四个时间窗(0-500 ms、500-1000 ms、1000-1500 ms、1500-2000 ms)上表现出注视维持偏向。但是,两个任务中,只有对疼痛线索的晚阶注视维持偏向(1000-1500 ms、1500-2000 ms)能独立预测慢性疼痛强度和功能损伤的发展。该结果说明,尽管两个任务中,患者对第一和第二时间窗上的疼痛线索均存在显著的注视偏向,尤其是在第二时间窗上的注视偏向达到峰值,但是其对慢性疼痛的发展并不存在显著的预测作用,只有第三和第四时间窗上的注视偏向指标能预测六个月后慢性疼痛的维持。

综上所述,本研究使用眼动追踪技术,结合纵向研究方法,考察对疼痛线索注视偏向的动态进程及其与慢性疼痛的发展之间的关系,可能更有助于揭示注视偏向动态进程中哪些阶段的指标与慢性疼痛的发展具有密切关系。本研究为注意矫正训练中设置合适的疼痛线索呈现时长提供了参考,未来的注意矫正训练,可以将疼痛线索呈现时间延长至 2000 ms。另外,对疼痛线索的晚阶注视维持偏向应作为注意矫正训练的重要观测指标。将疼痛线索的晚阶注视维持偏向作为注意矫正训练的重要观测指标,即观测对疼痛线索的晚阶注视偏向是否发生改变,可能是预测注意矫正训练是否有效的重要指标。有效的注意矫正训练,更能提升慢性疼痛患者对疼痛线索的注意控制能力,对改善其疼痛强度、功能损伤和情绪忧郁等问题具有重要意义。

**意见 2:** 研究表明:尽管慢性疼痛患者对疼痛线索从注意早期就表现出注视偏向,但是只有晚阶的注视偏向能够预测慢性疼痛的维持。该差异化结果的解释有待进一步加强。

**回应:** 非常感谢专家的宝贵意见。

对于差异化结果进行了如下解释,正文中请见 P21 页第一段。

本研究结果发现，点探测视觉任务和融入真实疼痛刺激视觉任务中，对疼痛线索第三、第四时间窗（1000-1500 ms、1500-2000 ms）上的注视维持偏向指标对六个月后慢性疼痛强度和功能障碍均具有显著或边缘显著的预测作用，并且在控制基线的疼痛指标和其他相关变量后，预测作用仍然存在。尽管两个任务中，慢性疼痛患者对疼痛线索第一、第二时间窗（0-500 ms、500-1000 ms）上存在注视维持偏向，尤其是在第二时间窗（500-1000 ms）上的注视偏向值达到峰值，但是这些早期的注视偏向指标不能预测慢性疼痛的发展。这可能是因为在疼痛线索的早期警觉对人类的生存与安全具有重要的适应性意义。无论个体是否患有慢性疼痛，疼痛线索作为环境中凸显的威胁性信息，在早期均会吸引个体的注意资源。已有一些基于眼动技术的研究证实了这一点，即在早期初始定向阶段，相对于中性线索，慢性疼痛患者与无痛健康个体均存在对疼痛线索的注视偏向(Chan et al., 2020)。另外，有研究者指出，视觉线索出现后，对线索前 500ms 的注意通常与注视初始定向有关，其后则是注意维持倾向(Bradley et al., 2000)。早期使用反应时的研究发现，慢性疼痛患者对疼痛线索的注意偏向不依赖于早期注意加工，而与持续性注意阶段的精细意识加工有重要关系(Crombez et al., 2013; Schoth et al., 2012)。慢性疼痛群体与健康群体对疼痛线索的注意偏向的差异主要体现在中后阶段，表现为慢性疼痛患者出现对疼痛线索的维持倾向。这表明疼痛或疼痛线索占用其过多注意资源，患者就难以将注意控制在日常更重要的目标上。患者抵制与目标无关的刺激的能力或基于任务变化的转移注意的能力逐渐下降，进而造成患者的注意更容易被疼痛线索吸引且难以从中脱离的恶性循环，因此导致慢性疼痛的发展(孙泽坤 等, 2014; Jackson et al., 2019)。

**意见 3：**在视觉线索出现的四个时间窗（0-500 ms、500-1000 ms、1000-1500 ms、1500-2000 ms），四个时间窗的分法的依据是什么？采用不同的分法，是否能得到不一样的结果？

**回应：**非常感谢专家的宝贵意见。

时间窗分割分析方法可以得到注视的动态进程过程。在疼痛相关注意偏向领域，Priebe 等(2015)首次使用时间窗分割方法，即把疼痛表情面孔图片呈现的 2000 ms 划分为 0-500 ms、500-1000 ms、1000-1500 ms、1500-2000 ms 四个时间窗，以考察个体对疼痛表情面孔图片的动态注视偏向。本研究拟使用 Priebe 等(2015)的时间窗分割分析眼动数据的方法，探究慢性疼痛患者对疼痛线索的注视偏向的动态进程。已在引言中添加对应内容（见正文 P4 页最后一段，P5 第一段）。对于使用该方法的研究综述见正文 P3 页最后一段和 P4 页第一段(Fashler & Katz, 2016; Lee et al., 2018; Mazidi et al., 2021)。

“采用不同的分法，是否能得到不一样的结果？”我们将视觉线索出现的 2000 ms 划分为 0-1000 ms 和 1000-2000 ms 两个时间窗时，结果发现，同划分为四个时间窗时一致，两个任务中对疼痛线索 1000-2000 ms 时间窗上的注视维持偏向指标与六个月后的慢性疼痛强度和功能障碍相关均显著（ $r_s > .28, p_s < .006$ ），且均具有显著的预测作用。具体而言，任务一中

1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛强度的预测作用显著,  $\beta = 0.01$ ,  $t = 3.34$ ,  $p = 0.001$ ,  $\Delta R^2 = 0.08$ 。任务二中 1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛强度的预测作用也显著,  $\beta = 0.01$ ,  $t = 3.31$ ,  $p = 0.001$ ,  $\Delta R^2 = 0.08$ 。任务一中 1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛功能损伤的预测作用显著,  $\beta = 0.01$ ,  $t = 2.16$ ,  $p = 0.03$ ,  $\Delta R^2 = 0.03$ 。任务二中 1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛功能损伤的预测作用显著,  $\beta = 0.01$ ,  $t = 2.58$ ,  $p = 0.01$ ,  $\Delta R^2 = 0.05$ 。该结果说明, 对疼痛线索的晚阶 (1000-2000 ms) 注视偏向与慢性疼痛的发展具有稳定的密切联系。

**意见 4:** 建议提供更直观的眼动信号呈现方式。

**回应:** 非常感谢专家的宝贵建议。

论文增加了热点图, 以直观展示眼动信号在疼痛-中性图片呈现的四个时间窗上注意分配情况。见正文 P12 页图 3。

**意见 5:** 表 2 的结果是否通过了多重比较校正?

**回应:** 非常感谢专家的宝贵意见。

本研究中使用的重复测量方差分析均采用 Bonferroni 校正, 我们将此内容补充在正文 P9 页最后一段。表 2 统计的是变量之间的相关。当我们把基线疼痛强度和功能损伤作为偏相关中的控制变量时, 六个月后的慢性疼痛强度和功能损伤与眼动指标之间的显著相关与当前表格中的结果一致。多重比较矫正是方差分析时使用的校正方法, 我们认为该方法不适用于表 2 中的相关分析。如果我们对此理解有误, 请专家批评指正。

**意见 6:** 表 3, 模型的重要结果应该用图形的方式进行呈现, 增强研究结果的可读性。

**回应:** 非常感谢专家的宝贵意见。

为了增强研究结果的可读性, 以及强调主要的研究发现, 论文增加了图 5, 见正文 P17 页。

**意见 7:** 提升慢性疼痛患者对疼痛相关信息的注意控制能力, 对改善其疼痛强度、功能损伤和情绪忧郁等问题可能具有重要意义。这一部分有一定的不确定性, 建议作为未来研究方向加以阐述。

**回应:** 非常感谢专家的宝贵建议。

我们已将这部分内容作为未来研究方向进行了阐述, 具体调整到正文 P22 页第一段末尾。

本研究表明对疼痛线索的晚阶注视维持偏向在慢性疼痛的维持和发展中具有重要作用。通过目前已有的注意偏向矫正训练的结果来看, 矫正患者的注意偏差使用的疼痛线索呈现时

间较短时，干预效果不明显，而较长的疼痛线索呈现时间的注意训练更可能提高干预的治疗效益(Heathcote et al., 2018, 2018; Schoth et al., 2012)。因此，未来通过训练患者远离疼痛及其相关线索的注意可能是改善疼痛体验的有效方式(Kreddig et al., 2022)。本研究为注意矫正训练中设置合适的疼痛线索呈现时长提供了参考，未来的注意矫正训练，可以将疼痛线索呈现时间延长至 2000 ms。另外，将疼痛线索的晚阶注视维持偏向作为注意矫正训练的重要观测指标，即观测对疼痛线索的晚阶注视偏向是否发生改变，可能是预测注意矫正训练是否有效的重要指标。有效的注意矫正训练，更能提升慢性疼痛患者对疼痛线索的注意控制能力，对改善其疼痛强度、功能损伤和情绪忧郁等问题具有重要意义。未来的研究可以进一步探测矫正对疼痛线索的晚阶注视维持阶段的偏向对慢性疼痛的干预效益。

.....

**审稿人 2 意见：**

本研究运用点探测任务和电刺激任务，采用眼动追踪技术，测量了慢性疼痛患者对疼痛线索的动态注视偏向指标，并考察了指标对于慢性疼痛症状的预测作用。该研究在设计上和数据分析上，存在一些明显的问题。

**意见 1：**文章的引言部分，介绍了慢性疼痛患者与健康被试的差异，但是在本研究中并没有纳入健康被试组，所以也不清楚健康被试是否会有类似的效应，所以难以判断慢性疼痛患者在所研究的任务上是否存在异常。

**回应：**非常感谢专家的宝贵意见。

早期使用反应时的研究通过比较慢性疼痛患者和无痛控制组，探究慢性疼痛患者对疼痛线索的注意偏向。Crombez 等(2013)对基于反应时的 18 项研究进行元分析发现，线索呈现时间小于 1000 ms 时，慢性疼痛患者不存在注意偏向，但是当刺激时间呈现大于 1000 ms 时，患者存在显著的注意偏向，并且与健康控制组的差异显著。一项结合了 52 项研究，包含 4466 名被试的元分析结果表明，相比于健康人群，慢性疼痛患者存在显著的对疼痛刺激的注意偏向(Todd et al., 2018)，另一项结合了 55 项研究，包含 1023 名被试的元分析也得出同样的结论(Crombez et al., 2013)。并且，慢性疼痛患者与健康群体之间的差异主要体现在注意的中晚期，在早期注意维持指标即对疼痛线索的首视点持续时间上，大多数研究并未发现慢性疼痛患者或无痛健康个体对疼痛线索和中性线索的注视差异(Liossi et al., 2014; Mahmoodi-Aghdam et al., 2017; Mazidi et al., 2021; Sharpe et al., 2017; Sun et al., 2016; Todd et al., 2016; Vervoort et al., 2013; Yang et al., 2012, 2013)；而在中晚期慢性疼痛患者出现对疼痛刺激的注视偏向，即慢性疼痛患者在疼痛线索呈现的 1000-2000 ms 时间窗上的注视时间比健康群体更长，与健康群体差异显著(Fashler & Katz, 2016; Lee et al., 2018)。但是，最近的一项元分析表明，大多数研究并未发现慢性疼痛患者与无痛控制组对疼痛线索的注视差异，二

者均表现出对疼痛线索早期和维持阶段的注视偏向(Chan et al., 2020)。该研究纳入了 24 项探查疼痛线索相关注视偏向的眼动研究, 总计 1424 名被试, 其中 13 项研究纳入共计 486 名慢性疼痛被试。该研究表明, 疼痛线索作为环境中的凸显信息, 可能均会被慢性疼痛患者和无痛健康者优先注意, 因而表现出对疼痛线索的注视偏向。

Jackson 等(2018)的研究表明, 慢性疼痛患者与健康对照组对疼痛线索的注视偏向不存在差异, 但是仅纳入慢性疼痛患者为被试的 Jackson 等(2019)的研究表明, 对疼痛线索的注视偏向与慢性疼痛的发展具有紧密联系。Chan 等(2020)研究中指出, 尽管慢性疼痛患者和无痛健康者对疼痛线索的注视偏向可能不存在差异, 但是对疼痛线索的注视偏向确实能够预测慢性疼痛的发展。因此, 本研究采用了 Jackson 等(2019)仅纳入慢性疼痛患者的研究方法, 没有纳入健康对照组。

**意见 2:** 电刺激实验与点探测任务的关联不清楚。即将出现电刺激, 容易出现对于疼痛图片的倾向, 那么被试对于疼痛图片的注意偏好反映的是被试对于图片的注意, 还是接下来疼痛刺激的注意? 相关研究范式在疼痛恐惧研究中比较常见, 该范式 25% 的机率, 是根据前人研究确定的, 还是作者自行设定的?

**回应:** 非常感谢专家的宝贵意见。

本研究使用的点探测视觉任务和融入真实疼痛刺激的视觉任务, 包括设置的 25% 疼痛刺激比例, 均源自 Jackson 等(2018a, 2018b)的研究范式。在论文中进行了说明和文献标注, 见正文 P8 页第一段。

在疼痛刺激可能出现的情况下, 被试对疼痛线索的注意可能反映的是对疼痛刺激的注意。但是, 在实际生活中, 疼痛线索通常与真实疼痛刺激同时存在。融入真实疼痛刺激的任务更具生态效度。Jackson 等人(2018a, 2018b)的眼动研究既使用只有视觉刺激的任务又使用了融合真实疼痛刺激的视觉任务, 考察了无痛健康者和慢性疼痛患者对疼痛线索的注视偏向。

本研究中, 任务 2 融入真实疼痛刺激的视觉任务与任务 1 点探测视觉任务相似, 但是任务 2 中的图片出现后, 不再跟随探测点, 而是可能出现真实的疼痛刺激。具体设置是在疼痛-中性图片出现后, 有 25% 的几率出现电刺激, 中性-中性图片后不跟随电刺激。仅告知被试有疼痛线索出现时可能有电刺激, 但不告知具体的概率。为了减少任务的单调性, 让被试判断每个 trial 中是否感受到疼痛刺激。在图片呈现全程, 使用眼动仪记录被试的眼动信息。

Jackson, T., Su, L., Wang, Y. (2018a). Effects of higher versus lower threat contexts on pain-related attention biases: An eye-tracking study. *European Journal of Pain*, 22(6):1113-1123. <https://doi.org/10.1002/ejp.1195>

Jackson, T., Su, L., Wang, Y. (2018b). Effects of higher versus lower threat contexts on pain-related visual attention biases: an eye-tracking study of chronic pain. *Journal of Pain*, 19(6):649-659. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2018.01.011>.

意见 3: 分析时间窗是如何定义的, 2.6 中关于未分析点探测的反应时的解释不够充分。

回应: 非常感谢专家的宝贵意见。

时间窗分割分析方法可以得到注视的动态进程过程。在疼痛相关注意偏向领域, Priebe 等(2015)首次使用时间窗分割方法, 即把疼痛表情面孔图片呈现的 2000 ms 划分为 0-500 ms、500-1000 ms、1000-1500 ms、1500-2000 ms 四个时间窗, 以考察个体对疼痛表情面孔图片的动态注视偏向。本研究拟使用 Priebe 等(2015)的时间窗分割分析眼动数据的方法, 探究慢性疼痛患者对疼痛线索的注视偏向的动态进程。已在引言中添加对应内容(见正文 P4 页最后一段, P5 页第一段)。对于使用该方法的研究综述见 P9 页最后两段(Fashler & Katz, 2016; Lee et al., 2018; Mazidi et al., 2021)。

我们进一步使用不同的时间窗分割方法, 检测研究结果是否仍然一致。将视觉线索出现的 2000 ms 划分为 0-1000 ms 和 1000-2000 ms 两个时间窗时, 结果发现, 同划分为四个时间窗时一致, 两个任务中对疼痛线索 1000-2000 ms 时间窗上的注视维持偏向指标与六个月后的慢性疼痛强度和功能损伤相关均显著 ( $r_s > .28, p_s < .006$ ), 且均具有显著的预测作用。具体而言, 任务一中 1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛强度的预测作用显著,  $\beta = 0.01, t = 3.34, p = 0.001, \Delta R^2 = 0.08$ 。任务二中 1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛强度的预测作用也显著,  $\beta = 0.01, t = 3.31, p = 0.001, \Delta R^2 = 0.08$ 。任务一中 1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛功能损伤的预测作用显著,  $\beta = 0.01, t = 2.16, p = 0.03, \Delta R^2 = 0.03$ 。任务二中 1000-2000 ms 时间窗上的注视偏向指标对六个月后的疼痛功能损伤的预测作用显著,  $\beta = 0.01, t = 2.58, p = 0.01, \Delta R^2 = 0.05$ 。该结果说明, 对疼痛线索的晚阶(1000-2000 ms)注视偏向与慢性疼痛的发展具有稳定的密切联系。

专家指出“2.6 中关于未分析点探测的反应时的解释不够充分”, 我们对此部分进行了数据分析, 并将相关内容进行了补充, 见正文 P10 页的最后一段和 P11 页第一段。

以反应时指标为因变量, 对数据进行了 2(线索对类型: 疼痛-中性、中性-中性)  $\times$  2(探测点位置: 一致、不一致)的重复测量方差分析。疼痛-中性、中性-中性图片后跟随与目标位置一致和不一致探测点的反应时,  $M$ (疼痛-中性, 一致) = 615.37 ms,  $SD$ (疼痛-中性, 一致) = 132.39;  $M$ (疼痛-中性, 不一致) = 608.02 ms,  $SD$ (疼痛-中性, 不一致) = 122.96;  $M$ (中性-中性, 一致) = 607.15 ms,  $SD$ (中性-中性, 一致) = 120.14;  $M$ (中性-中性, 不一致) = 605.25 ms,  $SD$ (中性-中性, 不一致) = 129.14。结果发现线索对类型主效应不显著,  $F(1, 93) = 1.30, p = 0.26$ , 探测点位置主效应不显著,  $F(1, 93) = 1.17, p = 0.28$ , 线索对类型与探测点位置的交互作用不显著,  $F(1, 93) = 0.43, p = 0.51$ 。

另外, 六个月后的慢性疼痛强度、功能损伤与探测点反应时指标的相关也均不显著,  $r_s < 0.03, p_s > 0.16$ (见正文 P13 页第三段)。

**意见 4:** 预测结果和表格 3 无法对应，表格中只有模型一和二，文中说有 8 个模型？

**回应:** 非常感谢专家的宝贵意见。

文内的模型一共有两个，分别是对六个月后的慢性疼痛强度和功能损伤构建的标准分层多元回归模型，每个模型下分别有 4 个子模型。在慢性疼痛强度的回归模型（模型一）中，第一步纳入基线期的疼痛强度和年龄，第二步纳入疼痛灾难化，第三步分别纳入两个任务中第三、第四时间窗上对疼痛线索的注视偏向值，考察不同时间窗上疼痛线索注视偏向指标对六个月后慢性疼痛强度的独立预测作用（见表 3 中模型一的分模型 1-4）；在慢性疼痛功能损伤的回归模型（模型二）中，根据相关分析的结果，第一步纳入基线期的慢性疼痛功能损伤和年龄，第二步纳入疼痛灾难化和抑郁，第三步分别纳入两个任务中第三、第四时间窗上对疼痛线索的注视偏向值，考察不同时间窗上疼痛线索注视偏向指标对六个月后慢性疼痛功能损伤的独立预测作用（见表 3 中模型二中的分模型 5-8）。原本的表述方式确实容易引起误解，我们已在对应文字表述部分进行了修改（见正文 P13-14）。另外，为了增强研究结果的可读性，以及强调主要的研究发现，论文增加了图 5，见正文 P17 页。

**意见 5:** 讨论部分，“融入真实疼痛刺激的视觉任务，增强了患者对于疼痛线索的注意维持偏向”，未见文中有数据和统计结果支持。

**回应:** 非常感谢专家的宝贵意见。

本研究通过点探测视觉任务和融入真实疼痛刺激的视觉任务，测量了慢性疼痛患者对疼痛线索注视偏向的动态进程及其对六个月后慢性疼痛发展的预测作用。论文中，表 1 两个任务中对疼痛线索的偏向值可以看出，任务 2 中的偏向值更高。虽然论文中并未统计任务 1 和任务 2 的偏向值差异，但是从结果可以看出，点探测视觉任务中，慢性疼痛患者在前三个时间窗上（0-500 ms、500-1000 ms、1000-1500 ms）表现出对疼痛线索的注视偏向，第四个时间窗上则不存在该偏向。融入真实疼痛刺激的视觉任务中，则均表现出对疼痛线索的注视偏向。相比于点探测视觉任务，慢性疼痛患者在融入真实疼痛刺激的视觉任务中四个时间窗均表现出注意偏向（0-500 ms、500-1000 ms、1000-1500 ms、1500-2000 ms），即注意维持时间更长。

---

## 第二轮

**审稿人 1 意见:** 作者已根据审稿意见很好地修改了该论文，无更多修改建议。

**审稿人 2 意见:**

作者较好的回复了审稿人的意见，方法和结果部分的描述清晰。



鉴于文章的重要意义是预测 6 个月之后慢性疼痛强度和功能损伤程度,请作者考虑构建一个完整的机器学习预测模型,并报告最后的预测效果 ( $R^2$  和  $MSE/MAE$ )。

回应:非常感谢专家的指导。

根据专家的意见,我们增加了机器学习回归模型,用于检测疼痛线索注视偏向指标对六个月后慢性疼痛强度和功能损伤的预测作用。正文中,新增了相关内容和表格(见表 4),主要请见正文第 10 页、14 页和 18 页。相关修改内容已使用蓝色字体标记。

在机器学习回归模型中,将从被试得到的 94 个样本作为训练数据,将显著的不同时间窗上疼痛线索注视偏向指标以及显著的心理测量变量作为输入特征,六个月后的疼痛强度和功能损伤分别被作为目标变量。使用 Python 3.11.3 与 sklearn1.2.2,构建了随机森林、支持向量机、K 近邻、多层感知机和最小绝对值收缩-选择算子 5 种回归模型,分别检测每个显著的疼痛线索注视偏向指标对六个月慢性疼痛强度和功能损伤的预测作用。

使用机器学习回归模型,根据相关分析结果,分别以任务 1 和任务 2 中对疼痛线索第三、第四时间窗上的注视偏向指标以及疼痛强度基线、年龄和疼痛灾难化作为输入特征,六个月后的疼痛强度作为目标变量。机器学习的 5 种回归模型结果如表 4 所示,随机森林模型最优。任务 1 和任务 2 中对疼痛线索第三、第四时间窗上的注视偏向指标,与机器学习回归模型生成的六个月后慢性疼痛强度预测值之间的相关均显著,  $r_s \geq 0.28$ ,  $p_s \leq 0.006$ 。机器学习回归模型的预测结果与真实结果之间的拟合指标较好,  $R^2 \geq 0.88$ ,  $MSE \leq 2.01$ 。分别以任务 1 和任务 2 中对疼痛线索第三、第四时间窗上的注视偏向指标以及疼痛功能损伤基线、年龄、疼痛灾难化和抑郁作为输入特征,六个月后的疼痛功能损伤作为目标变量。机器学习的 5 种回归模型结果如表 4 所示,同样发现随机森林模型最优。任务 1 和任务 2 中对疼痛线索第三、第四时间窗上的注视偏向指标,与机器学习回归模型生成的六个月后慢性疼痛功能损伤预测值之间的相关均显著,  $r_s \geq 0.23$ ,  $p_s \leq 0.02$ 。机器学习回归模型的预测结果与真实结果之间的拟合指标较好,  $R^2 = 0.90$ ,  $MSE \leq 2.25$ 。因此,机器学习的随机森林模型结果与分层标准多元回归模型的结果一致。

---

### 第三轮

编委意见:

修改稿尚存在较多文字问题,请作者认真修改订正。建议可以打印出来仔细校正,如果经多轮修改后撰稿者自己不容易发现,建议也可以请共同作者们轮流审阅一下。

比如:

- 1) “以疼痛-中性、中性-中性图片对为实验材料”,摘要中的“对为”应为“作为”?
- 2) 1.1 部分的“对疼痛的过度关注可能不再具有适应性意义,对疼痛及其相关线索的过渡注意

可能导致疼痛的持续和加剧”中的“过渡注意”应为“过度注意”？

3) 1.2 “研究主要发现慢性疼痛患者存在对疼痛线索存在注意偏向”，“存在”重复出现？

**回应：**非常感谢专家的意见。

上述表述问题均已修改。全文中存在表述不当、句与句之间的逻辑、参考文献与文中引用的对应关系、参考文献的格式、英文摘要等，均已仔细检查和修改，其中表述方面的主要修改内容已使用紫色字体标记。

**主编意见：**

文中使用了“晚阶”（late stage）一词，以前未见过这一词汇，似乎有些歧义，建议重新考虑其他表述方法。

**回应：**非常感谢专家的意见。

我们参考了考察注意进程的论文，研究者通常使用早期和晚期描述注意的不同阶段。例如，高笑等（2012）论文中的描述：“眼动数据结果显示，对胖身体图片注意偏向的时间进程模式为：早期定向偏向、早期加速探测以及持续至晚期的注意维持；而对瘦身体图片的模式为：早期加速探测，但未在晚期发现注意回避。”结合本文中 also 使用早期和晚期的描述，因此，论文题目以及正文中涉及到“晚阶”的地方，均被修改为“晚期”。

另外，全文中存在表述不当、句与句之间的逻辑等问题，均已修改，相关内容使用紫色字体标记。

[高笑, 王泉川, 陈红 等. (2012). 胖负面身体自我女性对身体信息注意偏向成分的时间进程：一项眼动追踪研究. *心理学报*, 44(04), 498-510. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2012.00498>]