

疼痛敏感性影响时间注意

廖倩*, 金东港, 张俊俊, 金贞兰, 李凌#

电子科技大学生命科学与技术学院, 视觉注意与眼动实验室, 四川 成都

收稿日期: 2021年11月30日; 录用日期: 2022年1月5日; 发布日期: 2022年1月14日

摘要

目的: 探究疼痛敏感性对时间注意的影响。方法: 招募48名被试, 使用时间线索范式, 采用3 (图片类型: 无图片、中性图片、疼痛图片) × 2 (线索类型: 有效和中性) × 2 (时间间隔: 短时和长时)被试内设计, 收集行为数据。结果: 1) 呈现三种图片类型时, 时间线索效应在短间隔中均稳定存在; 2) 时间线索效应大小会被图片认知加工干扰; 3) 高疼痛敏感组在疼痛图片呈现时, 能够维持短间隔的时间线索效应。4) 低疼痛敏感组中存在疼痛图片评分与短间隔的时间线索效应大小的显著正相关。结论: 疼痛敏感性影响时间注意, 较高疼痛敏感性能够在一定程度上改善因图片认知加工而削弱的时间线索效应。疼痛感受在一定程度上能够帮助个体更好地适应环境。

关键词

疼痛敏感性, 时间注意, 时间线索效应, 时间感知

Pain Sensitivity Affects Temporal Attention

Qian Liao*, Donggang Jin, Junjun Zhang, Zhenlan Jin, Ling Li#

Laboratory of Visual Attention and Eye Movement, College of Life Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan

Received: Nov. 30th, 2021; accepted: Jan. 5th, 2022; published: Jan. 14th, 2022

Abstract

Objective: To explore the effect of pain sensitivity on temporal attention. **Methods:** 48 subjects were recruited to collect behavioral data in a 3 (picture type: no picture, neutral picture, pain picture) × 2 (cue type: valid and neutral) × 2 (time interval: short and long) in-subject design using temporal cueing paradigm. **Results:** 1) The temporal cueing effect of the three picture types was stable in the short interval; 2) The temporal cueing effect was affected by the picture cognitive

*第一作者。

#通讯作者。

processing. 3) The high pain sensitivity group could maintain a temporal cueing effect at a short interval when the pain picture was presented. 4) There was a significant positive correlation between pain picture score and temporal cueing effect at a short interval in the low pain sensitivity group. Conclusion: Pain sensitivity affects temporal attention. Higher pain sensitivity can improve the temporal cueing effect weakened by the cognitive processing of pictures. To some extent, pain perception can help individuals better adapt to the environment.

Keywords

Pain Sensitivity, Temporal Attention, Temporal Cueing Effect, Time Perception

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

日常生活中, 个体的感觉系统会接触到大量的信息, 但处理信息的认知资源是有限的, 所以适应外界环境时需要选择、预测和优先考虑某些事件相关程度更高的信息与刺激, 这种认知能力被称为注意(Carrasco, 2011)。注意可以将感知资源分配到场景中的相关位置、对象特征或时刻。关于时间维度的注意是时间注意, 它具体是指将注意资源在特定时间点上的集中, 且能够帮助个体做好行为反应的准备(Nobre, 2001)。这种行为反应优势被称为时间线索效应(temporal cue effect, TCE, TCE = 中性线索反应时 - 有效线索反应时), 比如在行为反应中相比于中性线索或无效线索, 有效线索的反应时更短、正确率更高, 和皮层活动强度更强、脑电波幅度更高等, 这是一种时间注意定向能力指标(McCormick et al., 2018)。关于时间注意的行为研究, 大量研究者常使用一种较为经典的, 且根据空间注意研究范式改变而来的时间线索范式, 该范式证明时间线索效应主要体现在短时间间隔而非长时间间隔(Coull, 2004; Zanto et al., 2011)。

2020年国际疼痛协会(IASP)更新疼痛定义为(Raja et al., 2020), “疼痛是一种与实际或潜在组织损伤相关的不愉快的感觉和情绪体验, 或是与此类似的感觉和情绪体验。”表明可以通过观察、听到或想象他人的疼痛状态来诱发自身的疼痛感受和情绪。那么实验研究中也可使用疼痛图片或视频等作为刺激材料来唤起个体的疼痛感受和情绪, 同时个体也存在疼痛敏感性的个体差异(Coll et al., 2017)。

对时间的感知可能在特殊的情况下产生扭曲。轻松愉悦的状态下, 感知到时间流逝较快; 痛苦状态下, 常常有度日如年的时间错觉。这表明情绪诱发导致主观时间感知变化是一种普遍存在的现象(Droit-Volet, 2013; Gan et al., 2009; Lui et al., 2011; Schirmer, 2011)。实验证实, 当个体面对愤怒、恐惧、厌恶等负性情绪时会显著高估它们的呈现时间(Droit-Volet & Gil, 2009; Droit-Volet et al., 2010; Droit-Volet, 2013; Grommet et al., 2011)。同时大量研究支持时距知觉会在疼痛背景下延长的观点, 当预期和体验到疼痛状态时, 会导致个体感知到更长的持续时间(Ogden et al., 2015; 陈媛婷, 2017; 黄顺航, 2019; 刘昕鹤等, 2020)。另外疼痛情绪会占用更多的认知资源, 导致空间注意定向能力受损(Gong et al., 2020)。但是也有研究发现个体对疼痛刺激有着较长的注意维持(Baum et al., 2013)。由此可以认为, 疼痛刺激可能既能干扰注意力也能维持注意力。

综上所述, 本文认为疼痛敏感性可能是时间注意的影响因素。本研究将采用双任务范式, 此双任务范式参考一项研究工作记忆对时间注意影响的研究思路, 该研究对时间线索范式进行修改, 让被试在完成时间注意任务时, 同时进行工作记忆任务(Zanto et al., 2020)。本研究同样是在使用时间线索范式的基础

上,进一步将疼痛图片 and 中性图片随机呈现于时间间隔中探究时间线索效应的变化。假设疼痛图片能够作为威胁性刺激,影响个体的时距知觉和注意状态,从而影响时间注意。本文旨在以此双任务范式,探究疼痛敏感性对时间注意的影响。

2. 方法

2.1. 被试

招募共 48 名被试(男性和女性各 24 名,年龄范围在 21~26 岁,平均年龄为 23.42 ± 1.17 岁),均为电子科技大学学生。所有被试为右利手,裸视或矫正视力正常,不存在疼痛疾病史。未参加过同类型实验,实验结束后获得一定报酬。

2.2. 实验环境和材料

测试地点于电子科技大学沙河校区主楼中 356 号行为实验室,实验在安静、封闭的环境进行。实验程序使用 MATLAB 软件,Psychtoolbox 心理学软件工具箱和 E-prime 2.0 进行实验设计。并通过大小为 55.66×42.31 cm 的显示器呈现实验刺激,刷新频率为 60 Hz,分辨率为 1920×1080 像素。被试的眼睛距离屏幕为 80 cm,与显示器的中心在同一水平线上。

疼痛图片和中性图片材料来源于一项前人研究(Li et al., 2020),在疼痛预估得分高于 6 分低于 2 分的照片中筛选出 15 对图片用作实验材料,具体为 15 张疼痛图片和另外 15 张物理性质相同的中性图片。

2.3. 实验设计

2.3.1. 图片评分

图片在 1000 ms 的注视点之后随机呈现 600 ms 或 1400 ms,要求被试对当前图片感受到的疼痛程度进行评分,评分等级由 1 到 9,依次表明被试的疼痛感受程度逐渐增高,评分可作为疼痛敏感性高低指标(见图 1(a)),测试时间大约为 3~5 分钟。结果显示被试对疼痛图片的评分($M \pm SD = 6.06 \pm 0.0.95$)显著高于中性图片($M \pm SD = 1.27 \pm 0.93$) ($p < 0.001$),且在两种呈现时间间隔上没有显著差异($F(1,47) = 0.310$, $p = 5.80$, $\eta^2 = 0.019$),说明被试在短时和长时呈现中均存在对两类图片的疼痛感受差异(见图 1(b))。

2.3.2. 正式实验

所有被试均先完成行为实验 1,间隔 3~5 天后,再完成行为实验 2,且尽量保证每名被试的两次实验在一天之中的同一时间段。

1) 实验 1

时间线索范式设计(见图 1(c)),每个试次从三种不同的线索类型和两种不同的目标类型中随机选择线索和目标。一个内径为 7 厘米(外径为 8 厘米)的白色圆圈以黑色背景为中心。参与者被指示注视圆中心的一个圆点(直径 0.5 厘米)。注视点呈现 1300 ms 至 1800 ms (随机选择)之后出现时间线索。100 ms 的时间线索为三个字母中的随机一个: S (Short)、L (Long)或 N (Neutral)。时间线索提示的是目标出现之前的间隔时间(S 提示短间隔: 600 ms; L 提示长间隔: 1400 ms; N 为中性线索: 600 ms 或 1400 ms 出现的比例各占 50%)。目标是圆圈中的“+”或“X”,被试被要求看到“+”按“F”键,看到“X”按“J”键,并且尽可能快而准确地按键。实验为混合设计,共 4 个组块,每个组块有 60 个试次,时长共计 20 分钟。S 和 L 线索被称为有效线索(Valid cue)。N 线索被称为中性线索(Neutral cue),所以有四种条件(VS、VL、NS、NL)的试次,每种 60 个试次,每种类型出现都有 25%的概率。无图片呈现的范式可以检测是否存在时间线索效应,也可作为探究疼痛敏感性对时间注意影响的基线。

2) 实验 2

将疼痛图片 and 中性图片随机呈现于时间线索范式的时间间隔处, 除此之外, 实验范式设置完全相同于实验 1。共 8 个组块, 疼痛图片和中性图片各 4 个组块, 每个组块有 60 个试次, 时长共计 40 分钟(见图 1(c))。

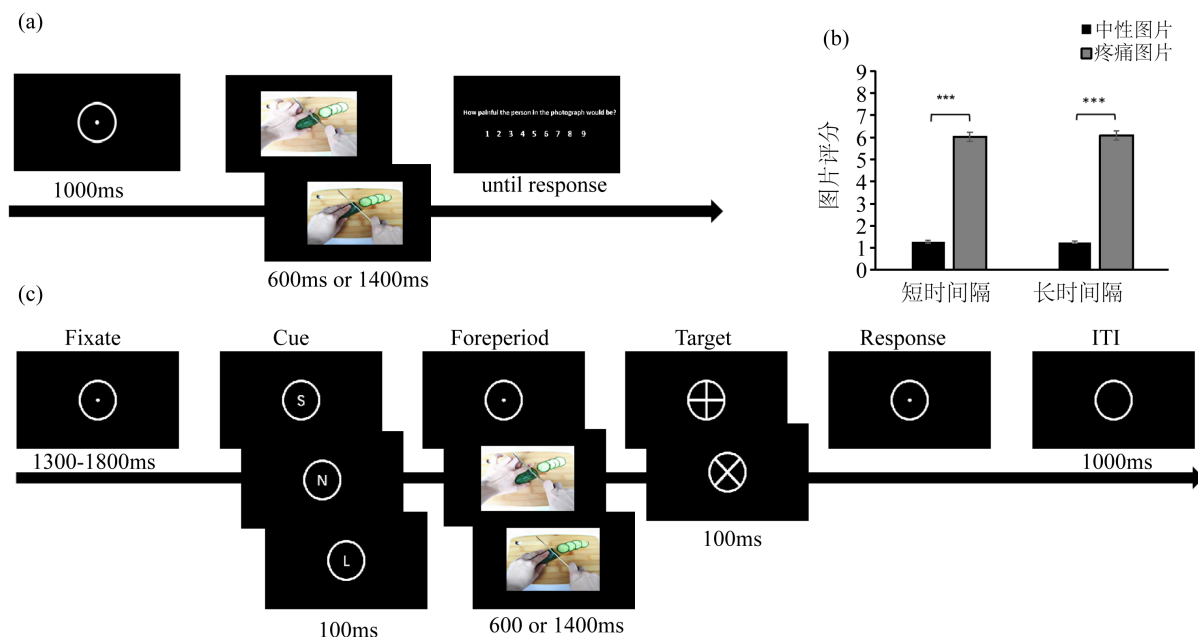


Figure 1. (a) Picture scoring; (b) Score results: * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$; (c) Experiment 1: Temporal cue paradigm; Experiment 2: Pain pictures and neutral pictures were placed at foreperiod

图 1. (a) 图片评分; (b) 评分结果: *、**、*** 分别对应 $p < 0.05$ 、 0.01 、 0.001 ; (c) 实验 1: 时间线索范式; 实验 2: 疼痛图片和中性图片置于时间间隔处

2.3.3. 数据分析

统计分析使用 IBM SPSS Statistics 20 (IBM, New York) 进行。剔除错误反应试次以及反应时在三倍标准差之外的试次。对正确率和反应时进行 3(图片类型: 无图片、中性图片、疼痛图片) \times 2(线索类型: 有效和中性) \times 2(时间间隔: 短时和长时) 的三因素重复测量方差分析, 对 TCE 进行 3(图片类型: 无图片、中性图片、疼痛图片) \times 2(时间间隔: 短时和长时) 的二因素重复测量方差分析, 以探究时间注意效应是否受到图片认知加工干扰。对短时间间隔的 TCE 进行 3(图片类型: 无图片、中性图片、疼痛图片) \times 2(组别: 高疼痛敏感组和低疼痛敏感组) 的二因素方差分析, 以探究图片认知加工对时间线索效应的具体影响大小。在疼痛敏感性高低两组人群中, 将疼痛图片评分和疼痛图片呈现时短时间间隔的 TCE 做相关分析。以探究疼痛敏感性与时间线索效应之间的关系。

3. 结果

3.1. 两种图片呈现对时间注意的影响

在正确率上只存在时间间隔的显著主效应($F(1,47) = 24.80, p < 0.001, \eta^2 = 0.35$), 说明时间间隔越长, 被试的正确率越高。因为主要结果体现在反应时上, 下文不对正确率结果进行详细分析和讨论。

反应时的结果表明图片类型($F(2,94) = 14.25, p < 0.001, \eta^2 = 0.23$)和时间间隔($F(1,47) = 52.16, p < 0.001, \eta^2 = 0.53$)和线索类型($F(1,47) = 42.41, p < 0.001, \eta^2 = 0.47$)均存在显著的主效应。图片类型 \times 线索

类型($F(2,94) = 6.06, p < 0.01, \eta^2 = 0.11$)、时间间隔 \times 线索类型($F(1,47) = 16.68, p < 0.001, \eta^2 = 0.26$)和图片类型 \times 时间间隔 \times 线索类型($F(2,94) = 3.60, p < 0.05, \eta^2 = 0.07$)均存在显著的交互作用。进一步简单效应分析发现,三种图片类型中短间隔的有效线索反应时均显著低于中性线索反应时($p < 0.001$ 、校正后 $p < 0.05$ 、 $p < 0.001$);长间隔中有效线索反应时和中性线索反应时均不存在的显著差异($p > 0.05$) (见图 2(a))。综上,说明时间注意效应稳定存在于短间隔,但对图片的认知加工会占用注意资源,导致反应时增加。

TCE 的结果表明图片类型($F(2,94) = 6.06, p < 0.01, \eta^2 = 0.11$)和时间间隔($F(1,47) = 16.68, p < 0.001, \eta^2 = 0.26$)均存在显著主效应。图片类型 \times 时间间隔($F(2,94) = 3.60, p < 0.05, \eta^2 = 0.07$)的交互作用显著。进一步简单效应分析发现,无图片和疼痛图片呈现情况下短间隔的 TCE 均显著大于长间隔($p < 0.01$)。在短间隔中,无图片的 TCE 显著大于中性图片和疼痛图片(校正后 $p < 0.001, p < 0.05$) (见图 2(b))。综上,对两类图片的认知加工均不同程度地削弱了短间隔中的时间线索效应,但在疼痛图片呈现时还能维持同无图片呈现时相同的短间隔与长间隔的时间线索效应差异。

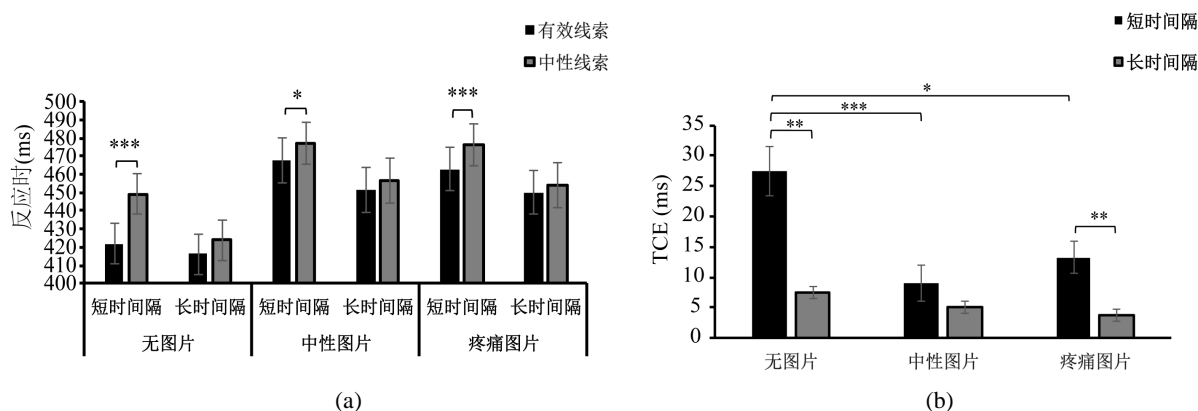


Figure 2. (a) The influence of picture presentation on temporal attention; (b) The influence of picture presentation on TCE
图 2. (a) 图片呈现对时间注意的影响; (b) 图片呈现对 TCE 的影响

3.2. 疼痛敏感性对短间隔的时间线索效应的影响

疼痛敏感性具有个体差异,按照疼痛图片评分得分高低顺序将被试分为疼痛敏感性高低两组人群。低疼痛敏感组的疼痛图片评分($n = 24, M \pm SD = 4.87 \pm 0.94$)显著低于高疼痛敏感组的疼痛图片评分($n = 24, M \pm SD = 7.25 \pm 0.74$), $t(1,46) = -9.75, P < 0.001$)。关注在高低疼痛敏感组中不同图片类型呈现时的短间隔中时间线索效应的大小(见图 3)。结果表明图片类型($F(2,46) = 8.45, p < 0.001, \eta^2 = 0.11$)的主效应显著,组别($F(1,23) = 0.05, p > 0.05, \eta^2 = 0.0003$)的主效应不显著。图片类型 \times 组别($F(2,46) = 0.43, p > 0.05, \eta^2 = 0.006$)的交互效应不显著。进一步简单效应分析发现,在低疼痛敏感组中,无图片的 TCE 显著大于中性图片($p < 0.05$)和疼痛图片($p < 0.05$)。疼痛图片和中性图片的 TCE 无显著差异($p > 0.05$)。但在高疼痛敏感组中,无图片的 TCE 只显著大于中性图片($p < 0.05$),和疼痛图片并无显著差异($p > 0.05$),疼痛图片的 TCE 存在近似大于中性图片的趋势($p = 0.054$)。对两组人群的三种图片类型的 TCE 进行单样本 t 检验(检验值 = 0)。结果显示,只有高疼痛敏感组中的中性图片呈现时的 TCE 与检验值 0 没有显著差异($t(1,23) = 1.48, p > 0.05$) (见图 3)。综上,在低疼痛敏感组中对两类图片的认知加工均削弱了短间隔中的时间线索效应。但在高疼痛敏感组中,对中性图片的认知加工导致时间线索效应不存在,但对疼痛的高敏感性可以在一定程度上改善疼痛图片呈现时的短间隔中的时间线索效应。

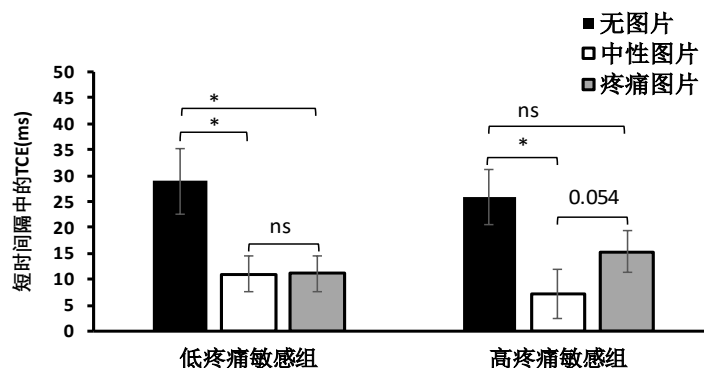


Figure 3. Comparison of TCE between high and low pain sensitivity groups in different image types at short intervals

图 3. 高低疼痛敏感组在不同图片类型的短间隔 TCE 比较

3.3. 疼痛图片评分和疼痛图片呈现时短间隔中 TCE 相关

在疼痛敏感性高低两组人群中，分别将疼痛图片评分和疼痛图片呈现时短间隔中的 TCE 做相关。结果显示只在低疼痛敏感组中，存在疼痛图片评分与疼痛图片呈现时的短间隔 TCE 的显著正相关($r = 0.47, p = 0.022$)；在高疼痛敏感组中，不存在疼痛图片评分与疼痛图片呈现时的短间隔 TCE 显著相关($r = -0.01, p = 0.95$) (见图 4)。说明在疼痛敏感相对较低的人群中，疼痛图片呈现时的短间隔的 TCE 也会随着疼痛敏感强度的增加而增加。

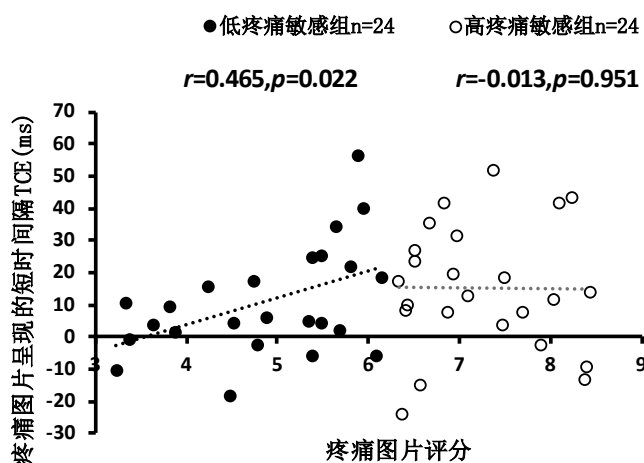


Figure 4. Pain picture scores were associated with TCE at short intervals at the time of pain picture presentation

图 4. 疼痛图片评分与疼痛图片呈现时的短间隔 TCE 的相关

4. 讨论

4.1. 时间线索效应

三种图片类型中短间隔的时间线索效应均存在，因为有效的线索提示相比于中性线索，个体可以将注意资源分配到即将到来的事件相关的时间点或时间窗，能够提高目标检测和识别等性能。但在长时时间间隔中未发现时间线索效应的存在，对这种结果的解释为人脑具有重新定向时间注意的能力：一旦目标未在所期望的时刻出现之后，就会将目标出现定向到其他时刻出现(贾建荣等, 2019)。在本实验范式中

被试可以预期到中性提示条件下目标如果不在短时间间隔后出现,意味着它必然出现在长时间间隔后,参与者可以调整他们的时间预期。那么长时间间隔下线索提示不能受益,不存在时间线索效应。这种推测表明人脑有能力根据突发情况,在目标实际呈现之前,灵活地、有意识地定向时间注意。

4.2. 图片的认知加工会影响时间线索效应

结果表明对两类图片(疼痛图片和中性图片)的认知加工不仅占用被试的注意资源,增加被试反应时间,而且会在一定程度上削弱短时间间隔中的时间线索效应,影响时间注意定向能力。注意资源理论可以解释以上现象,对刺激的加工需要占用注意资源,刺激越复杂或加工越复杂,占用的注意资源越多。当两个任务同时需要进行选择加工时,一个任务占用更多的注意资源将导致另一任务获得较少的注意资源,注意资源量的多寡直接决定了该任务的加工效率(吴彦文等, 2014)。因为注意资源和容量是有限的,在面临较多视觉刺激和信息时,也即是当所需资源超过容量时,行为反应的性能会下降或受损。时间线索效应也不可避免在一定程度上受到图片认知加工的影响。

4.3. 较高疼痛敏感性可维持受图片认知加工影响的时间线索效应

对疼痛的敏感性可以在一定程度上改善因认知加工而削弱的时间线索效应,尤其在疼痛敏感性组中更为明显;在低疼痛敏感组虽然没有体现中性图片和疼痛图片呈现时 TCE 的差异,但是疼痛敏感性高低能够预测短间隔的时间线索效应,疼痛敏感性越高,时间线索效应越大。研究者指出有五种类型的认知或情绪因素会对时间感知产生扭曲,包括注意、通道、唤醒度、情绪效价和语言(Droit-Volet & Meck, 2007; Oprisan et al., 2018),具有各种效价与唤醒度的情绪声音和中性声音用于研究情绪对时间感知的影响时,其研究结果显示,在相似的唤醒度上,对情绪刺激的时间估计要比中性刺激更长(Noulhiane et al., 2007)。并且尺度预期理论可以支持以上观点(Buhusi & Meck, 2005),认为情绪的诱发使得起搏器频率变大,并进而产生更长的时间感知。在生活中,当个体面对威胁性刺激时,会将时间的流动速度知觉较慢,能够给予个体更充分的时间应对威胁性刺激以产生相应的适应行为,是自身防御机制激活的一种表现。在临床上,疼痛敏感型体质人群的疼痛阈值比较低,当他们面临外界不利因素时,会及早做出反应,有利于自身保护,这也支持了疼痛系统对身体起到保护作用(张莹, 2008)。综上,可以认为疼痛信息的出现以及其诱发的疼痛感受和情绪能够让个体,尤其是较高疼痛敏感水平的个体知觉时间间隔变长,增加个体对图片进行图片认知加工的心理时间。不可否认疼痛相关的环境信息也能够特异地捕获注意。本研究结果也支持疼痛刺激更能捕获高疼痛敏感性被试的注意力。当个体处于警觉,高唤醒的状态,比如疼痛情绪的唤起时可以维持被试注意力,将注意力集中到当前任务中。总的来说,疼痛状态下的时距知觉延长和疼痛刺激捕获注意力,保证了高疼痛敏感性能够改善图片认知加工所影响的时间线索效应。

5. 结论

时间预期和注意准备有助于在目标发生的时间点加快反应速度,出现时间线索效应,但其存在于短间隔而非长间隔。对图片认知加工会占用注意力资源,影响时间注意定向能力。但较高疼痛敏感性被试在疼痛图片呈现时,能够改善图片认知加工的影响,从而维持时间注意。研究结果支持了以下观点:疼痛刺激作为一种警示性信号,不仅仅可能干扰认知任务也可能改善认知任务,较高的疼痛敏感性在一定程度上能够增加个体对认知加工的心理时间、集中注意力从而改善被图片认知加工而削弱的时间线索效应。总的来说,疼痛敏感性在一定程度上能够帮助个体更好地适应环境。

基金项目

本研究得到国家自然科学基金(61773092, 62176045)资助。

参考文献

- 陈媛婷(2017). *情绪和疼痛对时间估计的影响*. 硕士学位论文, 重庆: 西南大学.
- 黄顺航(2019). *疼痛表情对时距知觉的影响及种族的调节效应*. 硕士学位论文, 重庆: 西南大学.
- 贾建荣, 方方, 罗欢(2019). *视觉注意的时间结构和动态神经机制*. *生理学报*, 71(1), 1-10.
- 刘昕鹤, 王宁, 王锦琰, 罗非(2020). *疼痛背景下时距知觉的变化*. *心理科学进展*, 28(5), 766-777.
- 吴彦文, 游旭群, 李海霞(2014). *注意力资源限制与双任务的相互干扰机制*. *心理学报*, 46(2), 174-184.
- 张莹(2008). *疼痛条件下时距估计范式与方法效应的实验研究*. 硕士学位论文, 重庆: 西南大学.
- Baum, C., Schneider, R., Keogh, E., & Lautenbacher, S. (2013). Different Stages in Attentional Processing of Facial Expressions of Pain: A Dot-Probe Task Modification. *Journal of Pain*, 14, 223-232. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2012.11.001>
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What Makes Us Tick? Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing. *Nature Reviews Neuroscience volume*, 6, 755-765. <https://doi.org/10.1038/nrn1764>
- Carrasco, M. (2011). Visual Attention: The Past 25 Years. *Vision Research*, 51, 1484-1525. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.012>
- Coll, M.-P., Viding, E., Rütgen, M., Silani, G. et al. (2017). Are We Really Measuring Empathy? Proposal for a New Measurement Framework. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 83, 132-139. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.10.009>
- Coull, J. T. (2004). fMRI Studies of Temporal Attention: Allocating Attention within, or towards, Time. *Cognitive Brain Research*, 21, 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.02.011>
- Droit-Volet, S. (2013). Time Perception, Emotions and Mood Disorders. *Journal of Physiology-Paris*, 107, 255-264. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2013.03.005>
- Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). The Time-Emotion Paradox. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 364, 1943-1953. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0013>
- Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How Emotions Colour Our Perception of Time. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 504-513. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.09.008>
- Droit-Volet, S., Mermillod, M., Cocenas-Silva, R., & Gil, S. (2010). The Effect of Expectancy of a Threatening Event on Time Perception in Human Adults. *Emotion*, 10, 908-914. <https://doi.org/10.1037/a0020258>
- Gan, T., Wang, N., Zhang, Z., Li, H. et al. (2009). Emotional Influences on Time Perception: Evidence from Event-Related Potentials. *Neuroreport*, 20, 839-843. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32832be7dc>
- Gong, W., Li, J., & Luo, F. (2020). Time Course of Attention Interruption after Transient Pain Stimulation. *Journal of Pain*, 21, 1247-1256. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2020.02.005>
- Grommet, E. K., Droit-Volet, S., Gil, S., Hemmes, N. S. et al. (2011). Time Estimation of Fear Cues in Human Observers. *Behavioural Processes*, 86, 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2010.10.003>
- Li, Y., Zhang, T., Li, W., Zhang, J. et al. (2020). Linking Brain Structure and Activation in Anterior Insula Cortex to Explain the Trait Empathy for Pain. *Human Brain Mapping*, 41, 1030-1042. <https://doi.org/10.1002/hbm.24858>
- Lui, M. A., Penney, T. B., & Schirmer, A. (2011). Emotion Effects on Timing: Attention versus Pacemaker Accounts. *PLoS ONE*, 6, 218-229. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021829>
- McCormick, C. R., Redden, R. S., Lawrence, M. A., & Klein, R. M. (2018). The Independence of Endogenous and Exogenous Temporal Attention. *Attention Perception & Psychophysics*, 80, 1885-1891. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1575-y>
- Nobre, A. C. (2001). Orienting Attention to Instants in Time. *Neuropsychologia*, 39, 1317-1328. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00120-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00120-8)
- Noulhiane, M., Mella, N., Samson, S., Ragot, R. et al. (2007). How Emotional Auditory Stimuli Modulate Time Perception. *Emotion*, 7, 697-704. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.4.697>
- Ogden, R. S., Moore, D., Redfern, L., & McGlone, F. (2015). The Effect of Pain and the Anticipation of Pain on Temporal Perception: A Role for Attention and Arousal. *Cognition & Emotion*, 29, 910-922. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.954529>
- Oprisan, S. A., Aft, T., Buhusi, M., & Buhusi, C. V. (2018). Scalar Timing in Memory: A Temporal Map in the Hippocampus. *Journal of Theoretical Biology*, 438, 133-142. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.11.012>
- Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B. et al. (2020). The Revised International Association for the Study of Pain Definition of Pain: Concepts, Challenges, and Compromises. *Pain*, 161, 1976-1982. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001939>

Schirmer, A. (2011). How Emotions Change Time. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 5, Article 58.
<https://doi.org/10.3389/fnint.2011.00058>

Zanto, T. P., Liu, H., Pan, P., & Gazzaley, A. (2020). Temporal Attention Is Not Affected by Working Memory Load. *Cortex*, 130, 351-361. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.06.008>

Zanto, T. P., Pan, P., Liu, H., Bollinger, J. et al. (2011). Age-Related Changes in Orienting Attention in Time. *Journal of Neuroscience*, 31, 12461-12470. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1149-11.2011>