



• 学术动态 •

自我、他人或想象自我诱发的压痛阈值存在差异

摘要 感觉衰减是在疼痛时,自我运动产生的信息副本可预测和减轻疼痛,并能区分自我刺激还是他人刺激。已有科学研究证明想象自我运动时会存在感觉衰减。该研究对 40 名 18~35 岁的健康受试者测定左腿股四头肌施压后痛阈,施压方法分为由实验者施压(他人)、受试者本人施压(自我)或实验者施压而受试者想象为自我施压(想象)。结果发现不同条件下施压,受试者痛阈有显著性差异,“他人”与“自我”($P < 0.001$)、“他人”与“想象”($P < 0.001$),“自我”与“想象”($P = 0.004$)。平均痛阈“他人”为 521.49 kPa ($SE = 38.48$),“自我”为 729.57 kPa ($SE = 32.32$),“想象”为 618.88 kPa ($SE = 26.67$)。该研究发现“自我”和“想象”均发生感觉衰减,此机制有助于解释为什么有自伤行为的病人疼痛阈值更高、长期疼痛的病人疼痛阈值更低和经历穿刺等操作的病人想象自我操作能有效减轻疼痛等一系列问题。

关键词 感觉衰减;自我造成的疼痛;想象;感知副本;前向模型;痛阈

与他人相比,自我触摸产生的感觉或痛觉强度较低,此现象称作感觉衰减。其可能机制包括与他人触摸相比,自我触摸时更少地激活次级躯体感觉区和小脑及其功能连接;同时,自我触摸时运动命令副本(如传出副本)能预测和减弱自身运动产生的躯体感觉。感觉衰减是机体的一种重要本能,有利于帮助辨别是否存在外在威胁。人类对刺激、情绪和行动具有独特的想象能力,想象的生理反应与实际行动时相似(如心率和呼吸加快)。最近一项研究表明,若空间和时间上相匹配,人类可以想象他人触摸是自己产生的。与自我触摸相比,想象他人触摸产生的触觉强度更低。因此,通过想象外部刺激为自我产生,可降低其躯体感觉信号。然而至今尚无疼痛刺激相关研究。

该研究通过比较以下三种不同情况下的压痛阈值:①由实验者施压于受试者(他人);②由受试者自我施压(自我);③由实验者施压于受试者,同时受试者闭眼想象压力来自于自我(想象)旨在研究“想象”时痛阈是否升高。该研究假设为:(H1)与实验者施压相比,受试者自我施压疼痛阈值会更高(“自我”>“他人”);(H2)与实验者施压同时受试者没有想象相比,实验者施加压力而受试者想象此压力来自于自我时痛阈更高(“想象”>“他人”)。

一、方法

该研究由斯德哥尔摩地区伦理审查委员会批准(2018/1367-31/1 和 2019-03076)。2019 年 8 月 9 日在开放科学框架(osf.io/ra9ug)预注册。

1. 受试者

纳入标准:①年龄 18~35 岁;②身体健康。

根据“自我”和“他人”两种情况进行的预实验来计算检验力,结果为中效应大小(Cohen's $d = 0.66$)。为检测出“自我”与“他人”的差异,当样本量为 36 名受试者时可达到 90% 的检验效能($\alpha = 0.05$)。考虑到数据意外丢失的可能,样本量至少 40 名。所有受试者在受试前 24 小时内禁止服用任何影响痛觉的药物(如镇痛药、安眠药和镇静剂)。

2. 设备

该研究使用瑞典 Somedic 压力痛觉计施加压力和评估痛阈,压力痛觉计有一个 1 cm^2 的圆形橡胶尖端,施压时记录其压力,提起则停止记录。压痛阈值以千帕(kPa)为单位。当匀速施压(50 kPa/s)时压力曲线斜率表示平均压力,数字显示器上也会显示施加的最大压力。在“想象”实验时,受试者大腿上并列放置两个压力痛觉计,受试者自持的压力痛觉计距离皮肤 5 cm(不施压且不记录其压力值),与他人施压的压力痛觉计水平间距为 3.7 cm,目的是确保受试者想象受压和实际施压相近,以形成感觉衰减。

3. 测量

既往临床研究发现,用疼痛灾难化量表(pain catastrophizing scale, PCS)评估灾难性思维与他人诱发的低压痛阈值相关。该研究将进一步评估其在健康人群中是否也存在此关联。PCS 由 13 个项目组成,以 5 分制评分,完全没有为 0,一直有为 4。受试



者在想象过程中对他人施加压力的体验评估题为：“你在多大程度上感受到压力是自己给与的？”，7分制评分，完全没有为0，部分为3，完全为6。

4. 研究过程

详细告知受试者知培训和实验相关内容后，签署书面知情同意书。

5. 训练过程

受试者坐在椅子上，膝关节呈90度。在受试者左腿股四头肌（膝盖上方17 cm处）贴一胶带，即为训练期间施压的位置。为减少敏化，训练和测试的位置是不同的。“自我”：受试者熟悉手持式压力痛觉计，练习以50 kPa/s向大腿施压，并在达到痛阈时提起压力痛觉计。“他人”或“想象”：当实验者施加压力，受试者练习表达何时达到了疼痛阈值。疼痛阈值的定义为从无痛（疼痛等级0~10中的0）到轻微疼痛（1或更多）的瞬间。终点10表示受试者受压后能想象到的最剧烈疼痛。培训时告知受试者：“当感觉到压力但没有疼痛时疼痛评分为0分。当开始感觉到最轻微的疼痛时，即为1分，请立即示意。”最后进行想象训练，受试者闭眼握住压力痛觉计，首先练习想象自我施压而实际未施压，然后实验者用另一压力痛觉计施压。在前两轮的“想象”练习中，确定受试者的压力痛觉计对自己不施加或仅施加很小的压力，如果施压 ≥ 100 kPa，则继续练习直到所给压力为0或 < 100 kPa。

6. 测试过程

以下两种测试方案，受试者选择其中之一反复进行3次：（1）他人，自我，他人，自我，他人，自我，想象，想象，想象；（2）自我，他人，自我，他人，自我，他人，想象，想象，想象。

“想象”后，受试者易倾向于想象自我引起的疼痛，因此放在最后测试。序列（1）和（2）在样本内平衡。测试点在膝盖近心端10 cm处，距离训练点7 cm。由已接受训练并能以50 kPa/s的力度施压的同一实验者进行全部测试。和前面的培训过程一样，每次测试前都会再次告知受试者一旦感受到疼痛，立刻示意。记录每次测试的最大压力。受试者在想象时均没有任何上肢动作。测试前行PCS评估，测试结束后立即评估受试者在想象过程中的代入程度：“你在多大程度上感受到压力是自己给与的？”。

7. 数据分析

用混合效应模型分析“他人”“自我”和“想象”实验结果之间的差异。在模型中，条件（他人、自我、想象）和刺激顺序（1、2、3、4、5、6、7、8、9）预设固定效应，条件和刺激顺序的个体截距和个

体斜率效应为随机效应。以刺激的顺序评估是否有显著的影响（敏化或适应）。Cohen's d 效应量计算方法为模型均值之差除以模型中与随机效应相关总和的标准差。计算每个受试者9次测试的平均值并用于相关分析。用spearman相关来评估“想象”过程中受试者的代入程度与想象引起的衰减之间的相关性，以及PCS与其他条件（由实验者评估的压痛阈值）之间的相关性。想象引起的衰减定义为“他人”施压与“想象”施压之间的痛阈差异。为评估受试者在“自我”和“想象”条件下的自我衰减，分别计算两者的痛阈比“他人”条件下增加10%的受试者数量。统计学分析采用Stata16 IC和R语言。

二、结果

1. 受试者特征

共42名受试者完成测试，平均年龄为25.1岁（ $SD = 4.5$ ）。所有受试者在测试前24小时均未服用任何镇痛药或精神类药物。其中1名受试者年龄超过35岁、另1名在“自我”无法按压达到痛阈被排除入组，最终入组的40名受试者中女性21名，男性18名，中性1名。平均PCS评分为17.68（ $SD = 7.92$ ）。

2. 疼痛阈值

受试者分别测量“自我”“他人”和“想象”各120次共360个痛阈。总体平均压痛阈值为622.46 kPa（ $SE = 14.86$ ；95% CI : 592.16-650.47）。

经统计发现：“他人”和“自我”（ $P < 0.001$ ），“他人”和“想象”（ $P < 0.001$ ）以及“自我”和“想象”（ $P = 0.004$ ）之间痛阈均存在显著性差异。在混合模型中，平均值分别为“他人”521.49 kPa（ $SE = 38.48$ ），“想象”618.88 kPa（ $SE = 26.67$ ），“自我”729.57 kPa（ $SE = 32.32$ ）。

“想象”与“他人”的效应量为Cohen's $d = 0.28$ ，“自我”与“他人” $d = 0.61$ ，“自我”与“想象” $d = 0.24$ 。在模型中，测试顺序不影响结果，表明没有敏化或适应（ $P = 0.932$ ）。

3. 反应分析

大多数受试者28/40（70%）在“想象”时出现了疼痛衰减：其痛阈与“他人”相比至少高出10%。几乎所有受试者36/40（90%）在“自我”和“想象”中至少一个痛阈升高。少数受试者仅在“自我”（20%）或仅在“想象”（10%）痛阈上升。仅4/40（10%）的受试者在“自我”或“想象”均无痛阈升高。

4. 调查问卷数据相关性

“想象”的代入程度与“想象”疼痛衰减之间



无显著相关性 ($r_s = 0.14, P = 0.398$)。“他人”施压时以 PCS 评分评估疼痛灾难化程度与压痛阈值之间无相关性 ($r = -0.09, P = 0.581$)。

三、讨论

最近研究显示与他人触摸相比,自我触摸产生的疼痛有衰减现象。该研究表明当把外部刺激诱发的疼痛想象为自我诱发时也有疼痛衰减(即疼痛阈值的上升)。该研究中 70% 的受试者“想象”施压的痛阈比“他人”的至少升高 10%, 结果稳定可靠,验证了该研究 H2 假设。结果也同时显示“自我”施压的痛阈比“他人”的显著升高,证实存在疼痛衰减,再次验证了该研究 H1 假设。

众所周知,想象得与实际的动作产生类似的生理、心理和神经反应,会减弱想象痛阈。有研究表明,想象自我施压时的感觉衰减与实际自我施压的感觉衰减相当。自我施压痛觉衰减增加机体对外部刺激的关注,从而有助于对疼痛感觉的适应,这也是痛觉衰减的生理意义。然而,目前的研究提示“自我”痛觉衰减比“想象”更显著,一种可能的解释是人体更倾向于想象刺激是无痛的;另一种解释为,与触觉不同,疼痛是对机体潜在威胁的一种提示,而“想象”痛觉衰减提高机体适应性,且“想象”引起的感知觉反应往往弱于实际感知觉。想象和实感之间的差异对于区分不同的感觉信号至关重要,包括真实的经历和幻觉。

运动指令在执行实际的肢体运动之前从运动皮层传送到肌肉。某一运动命令的副本(即传出副本)被传送到预测计算单元(即前向模型),以预测身体的运动状态和运动后的感觉。对自身运动的预测能下调感觉(包括痛觉),即感觉衰减。该研究结果证明当一个人想象他人施压为自我施压时,会出现痛阈升高。我们认为在“自我”和“想象”时,传出副本在前向模型中能预测实际或想象的运动,同时出现感觉衰减。

自我诱发疼痛的感觉衰减有助于解释临床上有自伤行为的病人痛阈上调的现象。非自杀性自伤行为指有意伤害自我身体但没有自杀意图的行为,这与精神疾病合并症、功能障碍和自杀风险增加有关。有自伤行为的病人疼痛阈值和耐受性上调,进一步导致更严重的自伤行为,并增加自杀风险;在停止自伤后,痛阈和耐受性恢复正常。疼痛在自伤行为中阈值的变化及其作用有待于进一步研究。

自我和外部诱发的疼痛衰减有助于解释临床上长期疼痛病人通常会避免引起疼痛的动作,并试图分散自己对痛感的注意力,这与“自我”或“想象”

引起的疼痛相反。回避引起疼痛的动作或痛感本身的行为,在短期内可能会因疼痛缓解而正反馈,但从长远来看,回避行为可能会导致慢性疼痛。既往采用慢性疼痛恐惧回避模型的研究证实了回避行为会促进疼痛慢性化的发展:病人对痛苦和灾难性思维的恐惧会导致回避行为,反过来又加剧疼痛慢性化和功能障碍,形成恶性循环。高频率体力锻炼的暴露疗法时密切关注病人疼痛体验,能够更有效地治疗纤维肌痛、功能性腹痛障碍和慢性背痛等各类慢性疼痛,其内在的机制可能就包含了该研究中所描述的感觉衰减。更多关注疼痛更有益于病人症状的缓解。最后,研究结果也可解释病人对他人穿刺引起疼痛的感觉衰减,即医护在治疗性操作时病人想象自己在操作,也能减轻疼痛。

施压速度影响受试者压痛阈值,影响“自我”实验结果。该研究的不足之处在于考虑到施压速度检测会干扰痛阈测定,受试者在自己大腿上练习施压时并没有检测其速度。另一局限性是缺乏对“自我”和“想象”条件的控制。本研究的优点是由同一实验者完成了所有的测试,使得在“他人”和“想象”施压时与实验者相关的方差降到了最小。然而,该研究的合著者既往的研究表明,只有当感受到的压力与执行或想象的动作在时间和位置上都很好匹配时,才能实现自我产生和想象运动诱发的非压痛性质的感觉衰减。对时间和位置的控制表明,分心、感知觉负荷或对触摸的普遍预期等其他可能解释,并不能解释“自我”和“想象”时非压痛性质的压力感觉衰减。该研究使用的自我评估表(“你在多大程度上感受到压力是自己给与的?”),受试者可能会回答“低”(因为他们知道自我没有施压),但同时又在生动地想象着自我施压。因此,此问题可能与该研究欠匹配,有待今后进一步改良,以获取更好地施压想象体验和自我想象与感觉衰减两者间更强的相关性。

该研究结论提示真正自我诱发和想象自我诱发的压痛存在痛觉衰减。如想象外部压力为自我诱发,则痛阈更高。该研究结果有助于解释为什么有自伤行为的病人具有高疼痛阈值、长期疼痛的病人具有低疼痛阈值和经历穿刺等操作的病人想象自我操作能有效减轻疼痛等一系列问题。

(Lalouni M, Fust J, Vadenmark-Lundqvist V, *et al.* Predicting pain: differential pain thresholds during self-induced, externally induced, and imagined self-induced pressure pain. *Pain*, 2021, 162(5):1539-1544. 浙江大学医学院附属第一医院疼痛科,施晴璐译,冯智英校)