



阳性的抑制性中间神经元周围，而在脊髓背角中，PNNs 仅存在于脊髓 I 层大直径投射神经元周围，并在深层中围绕各种神经元类型。PNNs 在投射神经元周围的选择性定位具有高度的特异性，使通过调节 PNNs 来调节投射神经元的活动具有可操作性。由于投射神经元是脊髓疼痛环路的主要输出，因此通过降解周围的 PNNs 来激活投射神经元是增加脊髓伤害感受环路输出的一种特定且有效的机制。

突触终末包埋于 PNNs 中，因此 PNNs 的组成和稳定性对突触活动有重要影响。去除 PNNs 中带负电的硫酸盐基团可能导致突触结构的不稳定并降低突触传递的有效性。小胶质细胞通过多种机制促进疼痛状态。例如，小胶质细胞介导的 KCC2 下调使胞内氯增加并减少抑制性传入，从而促进神经病理性疼痛。在神经损伤后 7 天，I 层和 II 层多种细胞类型出现 KCC2 的下调和氯的异常。在损伤后 3

天，小胶质细胞介导的 PNNs 降解选择性地增强了一部分脊髓 I 层投射神经元的活动。因此，小胶质细胞可能以不同的机制发挥作用，反映了神经病理性疼痛机制的复杂性和鲁棒性，表明有效的治疗应该针对几个过程来逆转过敏反应。此外，小胶质细胞参与介导慢性疼痛的性别差异已经得到证实，但该研究发现 PNNs 的小胶质细胞依赖性降解及其对突触活动和疼痛相关行为的影响在雌性和雄性中都存在。

综上所述，该研究团队的工作揭示了小胶质细胞在周围神经损伤后去抑制投射神经元。这些发现提示靶向这个新机制可能是开发神经病理性疼痛治疗的新策略。

(Tansley S, Gu N, Guzman AU, *et al.* Microglia-mediated degradation of perineuronal nets promotes pain. *Science*, 2022, 377(6601):80-86. 南通大学疼痛医学研究院, 袁宝童译, 高永静校)

• 国际译文 •

享受大自然：在大自然中行走减少杏仁核的活动

人脑具有很强的可塑性。随着城市化的发展，居民患焦虑症、抑郁症和精神分裂症等精神疾病的风险也逐步提高。另一方面，接触大自然可以帮助我们恢复注意力，缓解压力。该研究目的：探讨城市环境 (urban environment) 和自然环境 (natural environment) 如何影响压力相关脑区的活动。方法：共 69 名被试（女性 29 人，男性 40 人）。受试者首先填写情绪相关的问卷，并执行工作记忆任务。接着，受试者在进行 fMRI 扫描的同时，完成以下问卷调查：沉浸-反思问卷 (RRQ)、恐惧面孔测试 (FFT)、蒙特利尔脑成像应激任务 (MIST) 等。首轮 fMRI 扫描结束后，受试者分为两组：在城市环境行走 1 小时（即城市中的繁华街道）、在大自然中行走 1 小时（即城市中绿色森林的步道）。行走 1 小时后，受试者再次进行 fMRI 扫描及相关问卷调查。结果：（1）在恐惧条件下（观看恐惧面孔），双侧杏仁核存在显著的环境-时间相互作用 (environment-by-time interaction)。类似的结果也出现在中性条件下（观看中性面孔），以及合并恐惧和中性条件下。在恐惧条件、中性条件以及合并恐惧和中性条件下，前扣带回 (ACC) 或背外侧前额叶皮质 (dlPFC) 无显著的时间与环境相互作用。（2）在城市环境行走 1 小时候后，杏仁核活动保持稳定，无明显变化。在大自然行走 1 小时候后，杏仁核活动显著降低。进一步分析发现，杏仁核的活动具有偏侧性，主要由右侧杏仁核的活动驱动。（3）进一步分析杏仁核的不同亚区，发现基底外侧杏仁核 (BLA) 存在显著的环境-时间相互作用。在大自然中行走后，BLA 活动减少。（4）与城市环境中行走相比，大自然中行走的被试者，其知觉恢复 (perceived restorativeness) 明显增加，并且更喜欢这种行走方式。结论：在大自然中行走，降低杏仁核的活动，可能成为预防精神疾病的一种措施。

(Sudimac S, Sale V, Kühn S. How nature nurtures: amygdala activity decreases as the result of a one-hour walk in nature. *Mol Psychiatry*, 2022. doi: 10.1038/s41380-022-01720-6. 北京大学神经科学研究所, 刘风雨 译)