
蚊子如何通过气味识别宿主？科学家揭示分子机制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42564.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

蚊子如何通过气味识别宿主？科学家揭示分子机制。夏夜里，蚊子的嗡嗡声总让人防不胜防。蚊虫叮咬不仅让人瘙痒难耐，甚至还可能成为蚊子携带的病毒或者疟原虫的宿主，威胁生命健康。蚊子的嗅觉系统可以帮组它们在黑暗中锁定猎物，那么它们又是如何将闻到的气味，转化为叮咬的神经信号的？

10月14日，深圳医学科学院特聘研究员潘孝敬团队，联合深圳湾实验室特聘研究员柳峰、黄恺团队，在《自然》发表最新研究。合作团队以传播疟疾的媒介——斯氏按蚊为研究对象，成功解析了负责感知人体皮肤上羧酸类气味的离子型受体IR8a – IR75k复合物在多个功能状态下的高分辨率结构，并首次从原子尺度系统揭示昆虫离子型受体复合物如何识别宿主皮肤上的羧酸类气味分子，以及如何将这一化学信号转化为神经电信号的完整机制。

蚊子的嗅觉导航

蚊子属于昆虫纲双翅目蚊科，它们寻找宿主如同一场精密的化学追踪，主要依赖味觉受体、气味受体和离子型受体三大类受体体系。这三大体系分工协作，可以让蚊子能够识别二氧化碳、糖类、苦味物质以及羧酸、胺类等挥发性气味。其中，羧酸类物质（如壬酸、辛酸）是人体汗液和皮脂中的重要成分，也是蚊子判断附近有人的关键线索。

离子型受体一直是结构机制研究的缺失拼图，在蚊虫中，离子型受体参与识别人类皮肤挥发物中的羧酸，并影响宿主偏好。因此，解析离子型受体的工作机制是昆虫感知生物学中的基础问题，也与蚊媒传染病防控密切相关。

此前，科学家们已证实，蚊子嗅觉系统中的离子型受体在检测羧酸、胺类、湿度和温度等线索中是不可或缺的。其中，IR8a受体是许多离子型受体的共受体，它本身不识别气体，必须与IR75k这样的调谐受体配对，才能组成有功能的离子通道。

IR8a-IR75k是斯氏按蚊的感知系统中感知羧酸的重要分子通道，它让蚊子把羧酸这类化学分子信号，转化成神经信号。如果阻断或干扰这个通道，蚊子就‘闻不到’人身上的羧酸，从而减少叮咬和疾病的传播。论文共同通讯作者、深圳医学科学院特聘研究员潘孝敬介绍。

但这个复合物长什么样？它如何区分不同长度的羧酸？气味结合后，又是如何打开离子通道的？这些问题一直悬而未决。

为此，研究团队利用冷冻电镜技术，成功解析了IR8a-IR75k复合物在四种状态下的高分辨率结构

：没有气味时的全长关闭态、结合壬酸时的全长开放态，以及分别结合壬酸和辛酸的胞外域结构。他们发现，IR8a-IR75k复合物是一个异源四聚体，即两个IR8a构成类似Y形的核心支架，两个IR75k分列两侧且彼此不直接接触，提示其可以相对独立地完成配体识别。

为了理解离子型受体如何让蚊子辨别相关气味的分子机制，研究团队比较了IR8a-IR75k与壬酸和辛酸结合时的高分辨率结构。研究结果显示，IR75k这种调谐受体承担配体特异性识别的功能，它不仅能识别羧酸这一化学类别，还会同时读取烷基链长度和羧基的空间几何，从而区分看起来极其相近的气味分子。

从识别气味到叮咬的分子机制

发现蚊子识别气味的分子机制只是第一步，更重要地是，了解蚊子是如何把识别到的气味转化成叮咬的行为，其中的神经信号是如何传递的？

为此，研究团队经过了长达一年的时间，进一步解析了3.33 Å 分辨率的壬酸结合的开放态结构，并与无配体关闭态进行比较，从而直接看清了IR8a-IR75k复合物由闻到气味到打开通道的结构变化。

研究人员发现，壬酸分子进入IR75k的配体结合口袋之后，IR75k的双叶状配体的结合结构域发生闭合，其中一个叶状结构像刚体一样旋转，这个动作通过A344、K460、C603等保守机械连接位点继续向跨膜区（离子通道结构域）传递。这个过程中，连接配体结合结构域和跨膜区之间有一段由四个氨基酸炼成的短连接结构，它如同一个分子开关，使整体结构螺旋向外移和转动，最终让中央离子孔道扩张并进入开放状态。

这一分子开关，让蚊子从闻到气味转变为识别出气味分子，并将相关的气味分子转化为神经信号，从而驱动寻找宿主并实施叮咬行为。潘孝敬解释。

研究人员建立了分子杠杆模型进行验证，他们在关键的连接位置插入柔性的GSGS序列，相当于给结构加上减震器。研究发现，结果配体结合与通道开启之间的信号几乎被切断。此外，在相同条件下，壬酸结合IR8a-IR75k开放态，能够允许钠离子快速通过，而IR8a-IR75k的无配体关闭态则没有观察到相应的阳离子通透过程。研究团队由此进一步建立了配体进入口袋—结合结构域闭合—机械连接传力—跨膜螺旋外移—孔道开放的连续机制。

为精准防蚊提供新靶点

过去，科学家们在昆虫的味觉受体、气味受体研究中已经发现了有代表性的结构和机制。但在离子型受体复合物的全长结构和配体研究中始终缺乏关键机制解析。该研究首次建立了昆虫离子型受体复合物，从配体识别到通道开启的完整机制，使人们可以在同一原子尺度下，理解昆虫的三大化学感受受体体系的异同。

另一方面，在蚊虫防控领域，目前的主要防控手段主要依赖降低蚊虫密度，仍然缺乏针对传播环节的有效干预，难以持续降低疾病传播风险。该研究围绕蚊媒传染病防控关键环节，提出种群控制+传播阻断协同防控新策略。

该研究揭示的IR75k配体结合口袋、关键识别残基和机械连接位点，为后续开展基于结构的驱避剂、引诱剂或受体调控分子设计提供了潜在靶点。未来，若能够针对这些关键结构精准干预蚊虫

嗅觉信号，则有望实现更加绿色、精准的蚊媒防控策略，为疟疾等蚊媒传染病防控提供新思路。潘孝敬表示。（来源：中国科学报刁雯蕙）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11239-3>

作者：潘孝敬等 来源：《自然》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发