
自带“滑翔伞”基因决定蛙会“飞”

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/17832.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！

自带“滑翔伞”基因决定蛙会“飞”。

March 29, 2022 vol. 119 no. 13 pnas.org

PNAS

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

封面图 受访者供图

在云南西双版纳热带雨林地区，有一类树蛙，保持着目前树栖蛙类停留高度的最高纪录。它们喜欢生活在树冠层，最高栖息高度可达57米。这类树蛙具备强大的滑翔能力，纵身一跃，张开的蹼足就像迎风打开的滑翔伞，助力其能够“飞”越十余米远，还能平稳降落，因此也得以“飞蛙”的美

名。

近日，中国科学院成都生物研究所（以下简称成都生物所）研究员李家堂团队等以这种“飞蛙”黑蹼树蛙为研究对象，解析了其树栖适应性复杂性状的遗传基础，阐明了与其滑翔行为相关表型的调控机制。该成果对动物特殊功能的仿生研究和人类并指症等相关疾病的防治有重要基础科学研究价值，并于3月30日以封面文章发表于国际学术期刊《美国科学院院刊》。

“飞”越雨林滑翔靠“蹼”

从2004年开始，李家堂就跟随中国科学院院士赵尔宓着手树蛙相关的研究。最早是摸家底，开展了长期的野外观察，科考足迹遍布全国，前期研究开展了大量的分类学相关工作。随着测序技术和分子生物学的发展，从2006年开始，李家堂又随中国科学院院士张亚平开始了分子进化的相关研究。尤其当基因组学测序技术被作为研究手段在野生动物研究领域推广后，他就琢磨着是否能以此解析树蛙特殊性状背后的分子调控机制。

喜欢住高层、会飞、产卵方式奇特 生长在西双版纳热带雨林，拥有多种典型特性的黑蹼树蛙是最佳研究对象。针对滑翔这一行为，团队猜测与黑蹼树蛙的蹼足有关。

根据蹼占指/趾间区域的比例，可以将蛙的蹼划分为无蹼、半蹼、全蹼和满蹼等类型，黑蹼树蛙则属于满蹼。为了证实蹼与滑翔的关系，团队找来了蹼较弱的宝兴树蛙，对两者进行滑翔行为实验。

研究人员分别设置了1，1.5和2米的跳台，让两类树蛙从跳台落下并记录下运动轨迹。结果发现，黑蹼树蛙降落时会尽力撑开四肢和蹼足，轨迹形成一定弧度且与水平面夹角明显小于宝兴树蛙。实验确认，蹼在树蛙滑翔这一行为中起到了关键作用。

动物滑翔这一性状是动物长期适应进化的结果，是动物多样性形成的重要基础之一。李家堂说，像宝兴树蛙，生活在四川宝兴海拔两千多米的灌木丛或草甸中，不身居在高耸丛林自然就不需要空中“滑翔”的技能。

Wnt信号通路相关基因参与了蹼的生长发育

作为一种复杂性状，蹼足的形成并不是由单一基因所控制，而是由多基因之间复杂的调控机制所形成。为了解析这一调控机制，团队又提取了黑蹼树蛙和宝兴树蛙蹼足各个生长期的RNA，进行对比研究。



黑蹼树蛙和宝兴树蛙蹼足各个生长期对比 受访者供图

论文第一作者、成都生物所博士研究生吴威向记者展示了黑蹼树蛙蝌蚪时期的标本，在蝌蚪登陆前后，其肢体整体长度仍不足1厘米，但该时期趾间蹼基本长满。我们参考了早期文献中对蛙类不同生长时期的判定标准，对树蛙生长过程进行了分期。肢体发育的早期是基于手掌的形态判断的，而后期则基于整个肢体的形态来划定。像这样刚刚长成小蛙的时候，被划定为第42期。

当蝌蚪后肢的脚掌开始形成桨状时，即在第31期生长状态时，团队就开始进行取样，直至第46期，蹼足差不多成熟时为止。由于组织极小，需借助起码16倍的体视显微镜来观察取样。经过多次摸索，团队决定通过混样的方式以保障提取的量更大一些。

此次研究首次获取了飞蛙高质量基因组序列，结合两种树蛙四肢发育过程的转录组数据，并通过比较基因组学和时序基因共表达网络分析，发现Wnt信号通路相关基因参与了蹼的生长和发育，对树蛙滑翔相关性状的形成起到了关键作用。

为人类疾病防治提供基础科学价值

多年前，有其他研究学者就蝶螈蹼足的形成机制，提出过两栖动物蹼足性状受到指和指间区域相对生长速率调控的影响。吴威表示，此次研究再次证实了这一结论。

对比两种树蛙蝌蚪蹼足发育过程发现，当指的生长远远快于指间区域的时候就会形成弱蹼或者无蹼，在指和指间区域具有相似生长速率的时候就会形成全蹼或者满蹼。吴威表示，这种对指和指间区域相对生长速率的调控是一种基础的塑造五指形态的机制。

其实人类的手指和脚趾在生长初期也是有‘蹼’的，只不过后来因为发育中指间区域细胞凋亡，蹼退化后形成了根数分明的手指或脚趾。李家堂表示，抑制指间细胞凋亡相关信号通路会导致并指、指骨畸形等疾病，但这种指间凋亡机制仅在羊膜动物中参与五指形成，在两栖动物内较少见。那我们能不能从两栖动物形成自由指的关键机制中找到一些信号，为诸如并指症一类的人类疾病防治作出启示呢？这个是未来还要继续深入的工作。

值得一提的是，黑蹼树蛙的卵也非常特别。不同于常见的青蛙卵，黑蹼树蛙的卵外形就像肥皂泡，卵粒在里面均匀分布。团队测定发现，肥皂泡里含有凝集素，且有保水抗菌的成分。

审稿人认为，研究团队开展了详实且严谨的研究，采用多学科方法，在行为学、肢体发育、形态比较、基因组学等方面开展了大量的工作，尤其是形态学和行为学比较实验的设计是很巧妙的，项目所产生的高质量数据将是该研究领域内的重要资源。此外，该工作解析了树蛙树栖适应背后的分子机制，对树蛙科物种垂直生态位适应提供了重要见解。（来源：中国科学报杨晨）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1073/pnas.2116342119>

作者：李家堂等 来源：《美国科学院院刊》

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