



Las plumas de las aves comparten un diseño central común

EP | Una nueva investigación de un equipo internacional dirigido por científicos de la Universidad del sur de California (USC) se propuso aprender cómo se desarrollaron las plumas y ayudaron a las aves a extenderse por todo el mundo. Las plumas de vuelo, en particular, son obras maestras de propulsión y adaptación, lo que ayuda a los pingüinos a nadar, a volar águilas y a sostenerse en el aire a los colibríes.

A pesar de tanta diversidad, la pluma comparte un diseño central común: un modelo de estilo único para todos con adornos opcionales para un rendimiento especializado. Esta simplicidad y flexibilidad que se encuentra en la naturaleza es prometedora para los ingenieros que buscan mejores formas de construir drones, turbinas eólicas, implantes médicos y otros materiales avanzados.

Esos hallazgos, publicados en la revista 'Cell', ofrecen una mirada en profundidad a la forma y función de una pluma basada en un análisis comparativo de su

estructura física, composición celular y evolución. El estudio compara plumas de 21 especies de aves de todo el mundo.

«Siempre nos hemos preguntado cómo las aves pueden volar de muchas maneras diferentes, y encontramos que la diferencia en los estilos de vuelo se debe en gran medida a las características de sus plumas», señala Cheng-Ming Chuong, autor principal del estudio y biólogo del desarrollo en el Departamento de Patología de la Keck School of Medicine de la USC.

«Queremos aprender cómo se hacen las plumas de vuelo para poder comprender mejor la naturaleza y aprender cómo los principios de la arquitectura biológica pueden beneficiar a la tecnología moderna», añade.

Para obtener una comprensión integral de la pluma de vuelo, Chuong formó un equipo internacional multidisciplinario con Wen Tau Juan, biofísico en el Centro Integrativo de Células Madre de la Universidad de Medicina de China en Taiwán. En el trabajo participaron expertos en células madre, biología molecular, anatomía, física, bioimagen, ingeniería, ciencia de materiales, bioinformática y ciencia animal.

Las especies de aves estudiadas incluyen avestruces, gorriones, águilas, pollos, patos, golondrinas, búhos, pingüinos, pavos reales, garzas y colibríes, entre otros.

Compararon plumas con fósiles, células madre y características de rendimiento de vuelo. Se centraron en el eje de la pluma, o raquis, que sostiene la pluma como un mástil sostiene una vela, soportando la tensión entre el viento y el ala. También se centraron en la veleta, las ramas laterales a horcajadas en el eje que le dan a la pluma su forma para aletear el aire.

Y examinaron cómo la evolución dio forma a las púas, las crestas y los ganchos que ayudan a una pluma a mantener su forma y bloquearse con plumas adyacentes como velcro para formar un ala. El objetivo era entender cómo un simple apéndice de filamento en dinosaurios se transformaba en una estructura ramificada de tres niveles con diferentes funciones.

Para aves como patos, águilas y gorriones que vuelan en diferentes modos, los científicos notaron diferencias significativas en el eje de la pluma en comparación con las aves que abrazan el suelo.

En el exterior rígido, la corteza del eje era más delgada y liviana, mientras que el interior estaba lleno de células porosas que parecían envolturas de burbujas, alineadas en bandas de varias orientaciones y reforzadas con crestas que funcionan como pequeñas vigas laterales. Juntos, forma una estructura ligera, hueca y flotante para permitir el vuelo. Las secciones transversales de plumas de diferentes aves muestran formas y orientaciones altamente especializadas del núcleo interno y la corteza externa.

«La pluma de vuelo está hecha de dos módulos arquitectónicos altamente adaptables, materiales ligeros y fuertes que pueden convertirse en configuraciones altamente adaptables», explica Chuong.

Los investigadores descubrieron dos mecanismos moleculares diferentes que guían el crecimiento de las plumas. El grosor de la corteza se regía por proteínas morfogenéticas óseas, que son señales moleculares para el crecimiento del tejido. El interior de la pluma porosa, o médula, dependía de un mecanismo diferente conocido como factor de crecimiento transformante beta (TGF- β). Ambos componentes se originan como células madre en la piel del ave.

Por el contrario, las plumas en las aves no voladoras eran más simples, consistiendo en un exterior de corteza densa que es más rígido y resistente con menos puntales internos y células que se encuentran en las aves voladoras. Las características fueron especialmente pronunciadas para los pingüinos, que usan alas como remos bajo el agua.

Como parte del estudio, los investigadores observaron plumas de casi 100 millones de años, encontradas incrustadas en ámbar en Myanmar. Estos fósiles muestran que las primeras plumas carecían de una característica clave que tienen las aves modernas.

Específicamente, los investigadores informan cómo las plumas fósiles tenían ramas de púas y bárbulas, que forman una veleta de plumas al solaparse, pero no a las enganches. Los ganchos, que actúan como cierres para convertir las plumas esponjosas en un plano apretado para un vuelo de alto rendimiento, evolucionaron más tarde.

Los científicos también identificaron WNT2B, otro factor de crecimiento, como el agente que controla la formación de anzuelos. Estos también se originaron a partir de células madre epidérmicas.

Tomados en conjunto, los hallazgos muestran cómo los dinosaurios emplumados y las aves primigenias podrían formar una 'veleta' primitiva superponiendo las placas de barbule, aunque eso no era aerodinámicamente adecuado para transportar mucha carga.

A medida que se produjeron características compuestas más complejas en el ala, se hizo más pesada, por lo que los ejes de plumas se volvieron más fuertes pero más livianos, lo que condujo a plumas más rígidas y alas resistentes que impulsaron el vuelo para transportar aves en todo el mundo.

«Nuestros hallazgos sugieren que las tendencias evolutivas del eje y la paleta de plumas están equilibradas para el mejor rendimiento de vuelo de un ave individual y se convierten en parte de la base selectiva de la especiación», señalan los autores.

«Los principios de las arquitecturas funcionales que estudiamos aquí también pueden estimular diseños bioinspirados y la fabricación de futuros materiales compuestos para arquitecturas de diferentes escalas, incluidas turbinas eólicas, tejidos artificiales, o drones voladores», avanzan.