

Wie aus Flossen Hände wurden

21. August 2020



Unsere Hände und Füße sind Wunderwerke der Natur. Doch wie sich die Vorläufer dieser Gliedmaßen einst aus den Flossen von Fischen entwickelten, war bislang strittig. Neue Einblicke haben nun Forscher anhand der Embryonalentwicklung des Australischen Lungenfisches gewonnen. Sie zeigt, dass der genetische Bauplan für die Hände und Füße bei diesen urtümlichen Fischen schon vorhanden war – aber unvollständig. Denn die Gene, die die Ausbildung der Finger und Zehen steuern, sind bei ihnen noch nicht aktiv. Nach Ansicht der Wissenschaftler legt dieser Befund nahe, dass dies auch bei den letzten Vorgängern der Landwirbeltiere so war.

Vor rund 400 Millionen Jahren machte die Evolution einen entscheidenden Sprung: Erstmals eroberten Wirbeltiere die Landflächen der urzeitlichen Erde. Vorfahren der heutigen Lungenfische und Quastenflosser bildeten kräftige Flossen aus, mit denen sie sich auch auf festem Untergrund bewegen konnten. Aus ihnen entwickelten sich im Laufe der Zeit die ersten Tetrapoden – die Stammeslinie, die alle Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere umfasst. Damit verknüpft war auch die Umwandlung der Fischflossen zu den typischen Tetrapoden-Gliedmaßen – gegliederten Händen und Füßen mit beweglichen, funktionellen Fingern und Zehen. Doch zum Ablauf dieses Wandels gibt es zwei sich widersprechende Theorien. Nach der einen sind Finger und Zehen durch neue Formen der sogenannten Hox-Gene entstanden, der Gene, die beim Embryo die Ausbildung der Gliedmaßen aus undifferenzierten Zellen steuern. Einer zweiten Theorie zufolge gab es diese



Gene schon bei den Vorfahren der Tetrapoden. Bei diesen kontrollierten sie Flossenbildung und weiteten diese dann beim Übergang zu den Händen und Füßen der Landwirbeltiere aus.

Architekten-Gene der Handbildung im Blick

“Um zu entscheiden, welche dieser alternativen Theorien zur Ausbildung der Gliedmaßen richtig liegt, muss man sie anhand der Sarcopterygii überprüfen“, erklären Joost Woltering von der Universität Konstanz und seine Kollegen. Denn dieser Fischgruppe, deren letzte noch lebende Vertreter die Lungenfische und Quastenflosser sind, gehörten einst die Vorfahren der ersten Landgänger an. “Diese Überprüfung ist jedoch schwierig, weil die Quastenflosser den unzugänglichen tiefen Ozean bewohnen, während die Afrikanischen und Australischen Lungenfische nachträglich stark reduzierte Flossen besitzen“, so die Forscher. Allein an der Anatomie der Lungenfischflossen lässt sich daher nicht ablesen, ob diese Tiere schon die Gene für die Hände und Füße der Tetrapoden besaßen. Woltering und sein Team haben daher einen anderen Ansatz gewählt: Sie konzentrierten sich auf die Embryonalentwicklung des Australischen Lungenfisches (*Neoceratodus forsteri*).

Für ihre Studie analysierten die Wissenschaftler, welche Gene wann während der Ausbildung der Fischflossen aktiv sind. Besonderes Augenmerk richteten sie dabei auf die Hox-Gene, die die Gliedmaßenbildung orchestrieren. Für die Bestimmung der Genaktivität entnahmen Woltering und seine Kollegen Fischembryos in verschiedenen Stadien Gewebeproben, bei denen sie die Genaktivität über das Vorhandensein der jeweils genspezifischen Boten-RNA ermittelten. Dabei zeigte sich: Schon der Lungenfisch besitzt das Gen, das bei den Tetrapoden für die Bildung der gegliederten Hand entscheidend ist. Dieses *Hoxa13*-Gen wird auch in den Fischlarven aktiv, wenn diese ihre Flossen ausbilden. “Erstaunlicherweise sahen wir, dass das Gen, das die Hand in Gliedmaßen spezifiziert – *Hoxa13* – in einer ähnlichen Skelettregion in Lungenfischflossen aktiviert ist“, erklärt Woltering.

Genaktivität bleibt auf der Hälfte stehen

Demnach ist das wichtigste “Architekten“-Gen für die Handbildung auch schon bei diesen Fischen vorhanden. “Diese Entdeckung zeigt deutlich, dass eine primitive Hand bereits bei den Vorfahren der Landwirbeltiere vorhanden war“, sagt Woltering. Doch die Analysen enthüllten auch entscheidende Unterschiede. Demnach wird ein Gen, das für die Bildung von Fingern und Zehen wichtig ist, *Hoxd13*, in den Flossen der Lungenfische offenbar anders aktiviert. Bei den Landwirbeltieren wird dieses Gen zuerst im sich entwickelnden kleinen Finger aktiviert, dann breitet sich die Aktivität in Daumenrichtung über die gesamte zukünftige Hand aus. Dieser Prozess koordiniert die korrekte Ausbildung aller fünf Finger. Beim Lungenfisch jedoch beobachteten die Forscher, dass dieses Gen zwar anfangs ähnlich aktiv war, diese Aktivität breitete sich aber nicht über die gesamte Fischflosse aus – sie blieb quasi nach der Hälfte stehen. Beim Fisch bleiben zudem einige Gene aktiv, die in Fingern und Zehen normalerweise abgeschaltet werden.



“All dies zeigt, dass Lungenfischflossen zwar unerwartet eine primitive Hand mit Tetrapoden gemeinsam haben, die Flossen unserer Vorfahren jedoch noch einen evolutionären ‚letzten Schliff‘ benötigten, um Gliedmaßen zu bilden“, sagt Woltering. “In diesem Sinne sieht es so aus, als ob die Hand zuerst da gewesen sei und erst später im Laufe der Evolution um Finger ergänzt wurde.“ Für die Zukunft planen die Forscher weitere Analysen zur Entwicklung von Flossen und Gliedmaßen, um vollständig zu verstehen, was die Ausdehnung dieser Domäne bewirkt und somit dazu führt, dass sich unsere Gliedmaßen so sehr von Fischflossen unterscheiden. Hierbei sollen Lungenfische, aber auch modernere Fischarten wie Buntbarsche verwendet werden, da ihre Embryonen sich mit modernen Techniken leichter genetisch untersuchen lassen.

Quelle: Joost Woltering (Universität Konstanz) et al., Science Advances, [doi: 10.1126/sciadv.abc3510](https://doi.org/10.1126/sciadv.abc3510)

21. August 2020

© wissenschaft.de - Nadja Podbregar

