

Forscher der Universität Bayreuth entdecken außergewöhnliche Regeneration von Nervenzellen

Biologen der Universität Bayreuth haben im zentralen Nervensystem von Zebrafischen eine einzigartig schnelle Regeneration verletzter Nervenzellen und ihrer Funktion entdeckt. Es handelt sich um die für das Fluchtverhalten der Fische alleinzuständigen Mauthnerzellen, die in der Forschung bisher als nicht regenerationsfähig galten. Allerdings hängt ihre Regenerationsfähigkeit entscheidend vom Ort der Verletzung ab. In den zentralen Nervensystemen anderer Tierarten konnte eine derart umfassende Regeneration von Nervenzellen bisher nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. In der Zeitschrift „Communications Biology“ berichten die Wissenschaftler über ihre Erkenntnisse.

Mauthnerzellen sind die größten Zellen, die in tierischen Gehirnen vorkommen. Sie sind Teil des zentralen Nervensystems der meisten Fisch- und Amphibienarten und lösen lebensrettende Fluchtreaktionen aus, wenn sich Fressfeinde nähern. Die ungestörte Weiterleitung von Signalen in den Mauthnerzellen ist nur dann gewährleistet, wenn ein bestimmter Teil dieser Zellen, das Axon, intakt ist. Das Axon ist eine lang gestreckte Struktur, die vom Gehirn bis zum Schwanz verläuft und an einem ihrer beiden Enden an den im Gehirn liegenden Zellkörper grenzt.

Tritt die Verletzung des Axons in unmittelbarer Umgebung des Zellkörpers auf, stirbt die Mauthnerzelle ab. Wird das Axon an seinem entgegengesetzten Ende geschädigt, werden verlorengegangene Funktionen entweder überhaupt nicht oder nur langsam und mit Einschränkungen wiederhergestellt. Auf eine Verletzung in der Mitte des Axons reagiert die Mauthnerzelle jedoch mit einer schnellen und vollständigen Selbstheilung: Bereits innerhalb einer Woche nach der Verletzung sind das Axon und seine Funktion voll wiederhergestellt, und die Fische können sich wieder durch Fluchtreflexe vor herannahenden Fressfeinden in Sicherheit bringen.

„Eine derart schnelle Regeneration einer Nervenzelle ist bisher nirgendwo im zentralen Nervensystem anderer Tierarten entdeckt worden. Hier erstrecken sich Regenerationsprozesse in der Regel über mehrere Wochen oder Monate“, sagt Dr. Alexander Hecker, Erstautor der neuen Studie und Mitarbeiter am Lehrstuhl für Tierphysiologie. Dieser Befund widerlegt eindeutig die in der Fachwelt weithin etablierte Auffassung, Mauthnerzellen seien völlig unfähig, sich zu regenerieren.

Allein aus der Beobachtung, dass Fluchtreflexe der Zebrafische bereits kurze Zeit nach einer Verletzung des Axons wieder intakt sind, lässt sich allerdings nicht zweifelsfrei ableiten, dass die Mauthnerzellen ihre ursprüngliche Funktion durch Regeneration wiedererlangen. Denn es könnte ja sein, dass andere Zellen der Zebrafische fähig sind, dieses lebensrettende Fluchtverhalten auszulösen und somit die verlorengegangene Funktion der Mauthnerzellen zu ersetzen. Genau diese Möglichkeit ist aber aufgrund von Forschungsergebnissen ausgeschlossen, welche die Bayreuther Biologen um Prof. Dr. Stefan Schuster im Januar 2020 in den PNAS veröffentlicht haben. Darin konnten sie erstmals zeigen, dass es allein die Mauthnerzellen sind, die das Fluchtverhalten der Zebrafische steuern. Ist das Axon unwiederbringlich zerstört, finden sich keine anderen Zellen in den Fischen, die den Verlust kompensieren könnten.

„Die Mauthnerzellen bieten uns jetzt die Möglichkeit, innerhalb des gleichen Nervensystems sehr

unterschiedliche Reaktionen auf Verletzungen einzelner Zellen zu untersuchen: ausbleibende oder nur unzureichende Regenerationsprozesse einerseits, eine robuste und vollständige Regeneration andererseits. Erstaunlicherweise sind Verletzungen des Axons, die auf so gegensätzliche Weise beantwortet werden, räumlich nicht weit voneinander entfernt. Die Ursachen dafür aufzuklären, ist ein spannendes Forschungsfeld, das auch die Identifikation der Gene einschließt, die bei der Regeneration von Nervenzellen aktiv sind. Und wenn wir herausfinden, aus welchen Gründen Regenerationsprozesse in den Mauthnerzellen ausbleiben, können wir möglicherweise auch besser verstehen, welche Mechanismen die Regeneration von Nervenzellen im Menschen verhindern“, erklärt Hecker.

Veröffentlichungen:

Alexander Hecker, Pamela Anger, Philipp N. Braaker, Wolfram Schulze, Stefan Schuster: High-resolution mapping of injury-site dependent functional recovery in a single axon in zebrafish. Communications Biology (2020). DOI: <https://doi.org/10.1038/s42003-020-1034-x>

Alexander Hecker, Wolfram Schulze, Jakob Oster, David O. Richter, and Stefan Schuster: Removing a single neuron in a vertebrate brain forever abolishes an essential behavior. PNAS – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2020). DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1918578117>

Forschungsförderung:

Die Forschungsarbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen eines Reinhart Koselleck-Projekts unterstützt.