

Gene aktiv und zwar vor allem solche, die für die Homöostase zuständig sind. Sublitorale Austern zeigen dadurch weniger phänotypische Plastizität und sind weniger anpassungsfähig. Bei den mit Hitzeschock behandelten Austern sind die Unterschiede zwar etwas deutlicher, aber offenbar spielen die Umweltbedingungen während der langfristigen Entwicklung im Lebensraum eine größere Rolle als ein kurzzeitiger Stressfaktor.

DNA-Methylierungen vermitteln das unterschiedliche Erscheinungsbild von Austern bei der Anpassung an verschiedene Umweltbedingungen. Diese neuen Einsichten in die Epigenetik der phänotypischen Plastizität verbessern das Verständnis von Akklimatisierung und Anpassung. Die Anpassungsfähigkeit von Austern an erhöhte Temperaturen ist nicht nur für die Aquakultur von Austern wichtig, sondern auch für den Küstenschutz durch Austern-

riffe und deren Fortbestand im Klimawandel.

Literatur

- [1] A. Li et al. (2018). *Front. Physiol.* 9, 825, 125.
- [2] I. Kronberg (2011). Austern – mehr als Luxus. *Biologie in unserer Zeit* 41, 232–233.
- [3] P. de Villemereuil et al. (2016). *Heredity* 116, 249–254.
- [4] X. Wang et al. (2021). *Heredity* 126, 10–22. <https://doi.org/10.1038/s41437-020-0351-7>

Inge Kronberg, Bäum

ZELLBIOLOGIE

Bringt Gewebe in Form: die Basallamina

Die Basallamina, eine dünne Proteinschicht im extrazellulären Raum, umgibt nahezu alle Gewebe. Durch die Vermittlung biochemischer und physikalischer Signale spielt sie dabei eine aktive Rolle in der Gestaltung, aber auch beim Erhalt von Geweben und Organen. Die Veränderung der molekularen Zusammensetzung moduliert diese Fähigkeiten.

Die *Global tissue revolutions* [1], eine Publikation aus der Fachzeitschrift *Science* des Jahres 2011, löste in der Tat einen Hype um die Rolle der Basallamina in der aktiven Gestaltung von Geweben und Organen aus. Im genetischen Modellorganismus *Drosophila melanogaster* migrieren die Follikelzellen der Eikammer (Abbildung 1) auf der umschließenden Basallamina. Die kollektive Bewegung führt zur Rotation

des gesamten Gewebes. Die Basallamina gewinnt dadurch eine strukturelle Polarisierung (Abbildung 2). Diese und wahrscheinlich weitere Mechanismen führen zu einer mechanischen Heterogenität der Basallamina. In ihrer zentralen Region ist die Basallamina steifer als an der vorderen und hinteren (anterioren und posterioren) Region der Eikammer [2], [3]. Jene Ungleichheit führt dazu, dass die Basallamina

dem immensen Wachstumsdruck lokal unterschiedlich entgegenhält. Eine ursprünglich runde Eikammer dehnt sich entlang ihrer anterior-posterioren Achse aus und bekommt eine ellipsoide Form (Abbildung 1). [4].

Die mechanischen Eigenschaften der Basallamina spielen eine wichtige Rolle bei der ordnungsgemäßen Ausdehnung der sich entwickelnden Eikammer. Welche molekularen Mechanismen und wie die individuellen Proteine der

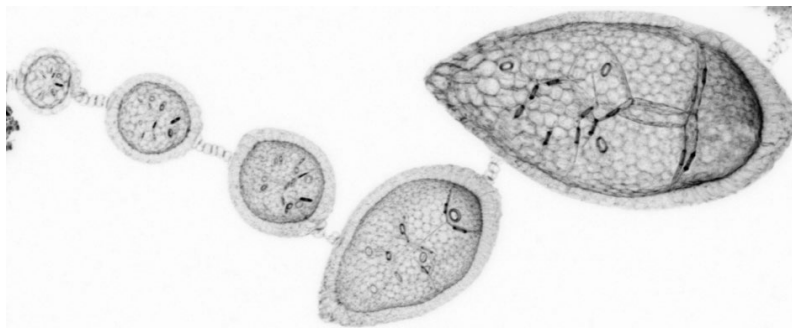


ABB. 1 Eikammern von *Drosophila melanogaster* in verschiedenen Entwicklungsstadien. Fluoreszenzfärbung des filamentären Aktins (f-Aktin) an Entwicklungsstadien von Eikammern in verschiedenen Stadien. Frühe Entwicklungsstadien sind rund und dehnen sich entlang ihrer Längsachse aus. Abgebildet sind Stadien zwischen 2–8 (v. li. n. re.). Die einzelnen Eikammern sind im Inneren aus den Keimbahnzellen und darauf liegenden somatischen Follikelzellen zusammengesetzt. Einzelne Eikammern werden durch Stielzellen verbunden.

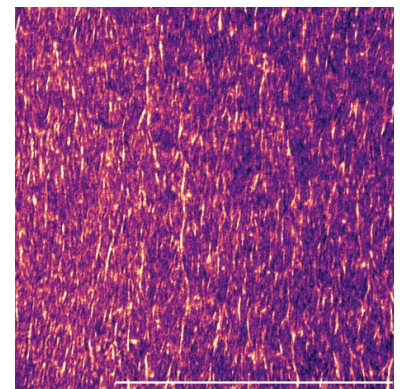


ABB. 2 Verteilung von Kollagen IV in der Basallamina einer Eikammer im Stadium 8. Die Basallamina der Eikammer bekommt neben ihrer flachen Organisation (lila), polarisierte, konzentrierte Strukturen (gelb, weiß). Diese faserartige Organisation wird bis Stadium 8 etabliert und beinhaltet alle Hauptkomponenten der Basallamina. Gezeigt ist hier ein Fusionsprotein von Kollagen IV mit einem grünfluoreszierenden Protein (GFP) in einer Intensitätsskala mit niedrigem Signal in lila und hohem Signal in weiß. Messbalken: 50 µm.

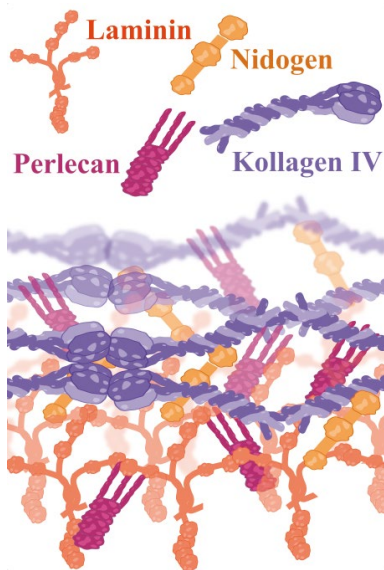


ABB. 3 Schematische Darstellung einer Basallamina. Laminine (orange) sind Heterotrimeren, die mit sich selbst und Zelloberflächenrezeptoren interagieren, um ein Laminin-Netzwerk an der Zelloberfläche zu generieren. Kollagen IV (lila) bildet eine Tripelhelix und mit den N- und C-terminalen Enden ein aufliegendes Netzwerk. Die Proteine Nidogen (sonnenblumengelb) und Perlecan (weinrot) interagieren sowohl mit Lamininen als auch mit Kollagen IV, um diese Netzwerke zu verknüpfen.

Basallamina zu den mechanischen Eigenschaften der Basallamina beitragen, ist jedoch nicht vollständig bekannt. Versuche, in denen einzelne Komponenten der Basallamina durch genetische Manipulation reduziert wurden, zeigen die unterschiedlichen Rollen dieser Proteine während der Entwicklung und für die Vermittlung der biomechanischen Fähigkeiten der Basallamina [3].

Molekulare Zusammensetzung der Basallamina

Die Zusammensetzung von extrazellulären Matrices (EZM) kann überaus komplex sein. Allerdings stellt die Basallamina hierbei eine über das Tierreich hoch konservierte EZM dar und besteht fast immer aus mindestens vier Hauptkomponenten: Laminin, Kollagen IV, Nidogen und Perlecan [5]. Sie wird dann – je

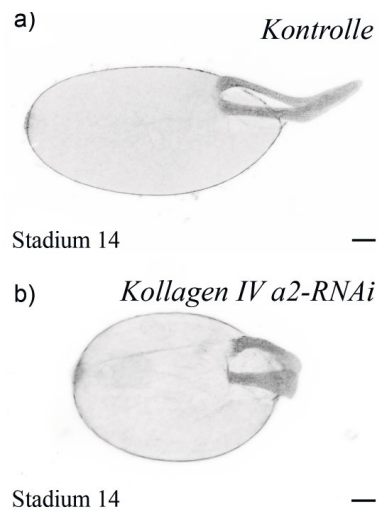


ABB. 4 Auswirkungen des Verlusts von Kollagen IV auf die Eikammerform im Stadium 14. Wildtypische Eier im finalen Stadium 14 weisen eine ellipsoide Form auf (a). Der Verlust von Kollagen IV führt zu runden Eikammern im Stadium 14 (b). Dunkelfeldmikroskopische Aufnahmen, bei denen die Farben invertiert wurden. Messbalken (rechts unten): 50 µm.

nach Gewebe – mit einer Vielzahl weiterer Proteine ergänzt. Während Laminine von fast jedem Gewebe hergestellt werden und eine tragende Rolle für die Initiierung der Basallamina haben [6–7], verknüpfen das Glykoprotein Nidogen und das Heperansulfat-Proteoglycan Perlecan die Lamininschicht mit einem darüber liegenden Kollagen IV-Netzwerk (Abbildung 3, [8]). Der Verlust von Nidogen verändert zwar nicht den grundlegenden Aufbau [9], scheint aber eine Rolle für die Stabilität der Basallamina zu haben [10]. Der Verlust von Perlecan hingegen führt zu verstärkten mechanischen Eigenschaften der Basallamina [11].

Modulierbare Gewebeform

Die gezielte genetische Manipulation der Zusammensetzung der Basallamina wirkt sich auf die Form der Eikammer während der Entwicklung von *D. melanogaster* aus. So führt der Verlust von Nidogen zu einer temporär runderen und der Verlust von Laminin zu einer zeit-

weise länglicheren Eikammer. Langfristige Auswirkungen haben hingegen die Verluste von Perlecan und Kollagen IV. Während Perlecan einen moderaten Phänotyp aufweist, führt der Verlust von Kollagen IV zu beinahe runden Eiern (Abbildung 4). Diese Änderungen der Form gehen mit unterschiedlichen Steifigkeiten der – durch Verlust der einzelnen Proteine erzeugten – Basallaminae einher [3] und könnten die Fertilität reduzieren.

Literatur

- [1] S. L. Haigo, D. Bilder (2011). Global tissue revolutions in a morphogenetic movement controlling elongation. *Science* 331, 6020 1071–1074.
- [2] J. Crest et al. (2017). Organ sculpting by patterned extracellular matrix stiffness. *Elife* 6, <https://doi.org/10.7554/eLife.24958>.
- [3] U. Töpfer et al. (2022). Distinct contributions of ECM proteins to basement membrane mechanical properties in *Drosophila*. *Development* 149, 10.
- [4] S. Horne-Badovinac (2014). The *Drosophila* Egg Chamber-A New Spin on How Tissues Elongate. *Integr. Comp. Biol.* 54, 667–676.
- [5] R. O. Hynes, (2012). The evolution of metazoan extracellular matrix. *J. Cell Biol.*, 196,6,671–679.
- [6] C. H. Streuli et al. (1995). Laminin mediates tissue-specific gene expression in mammary epithelia. *J. Cell Biol.* 129, 591–603.
- [7] U. Töpfer et al. (2019). Serpent/dGATAb regulates Laminin B1 and Laminin B2 expression during *Drosophila* embryogenesis. *Sci. Rep.* 9, 15910.
- [8] E. Hohenester, P. D. Yurchenco (2013). Laminins in basement membrane assembly. *Cell Adh. Migr.* 7, 56–63.
- [9] U. Töpfer, A. Holz (2020). Analysis of extracellular matrix composition in the visceral muscles of Nidogen mutant larvae in *Drosophila*. *microPublication Biol.*, 10.17912/micropub.biology.000251
- [10] G. Wolfstetter et al. (2019). Characterization of *Drosophila* Nidogen/entactin reveals roles in basement membrane stability, barrier function and nervous system patterning. *Development* 146, dev168948.
- [11] J. C. Pastor-Pareja, T. Xu (2011). Shaping Cells and Organs in *Drosophila* by Opposing Roles of Fat Body-Secreted Collagen IV and Perlecan. *Dev. Cell* 21, 245–256.

Uwe Töpfer, TU Dresden