

Nanoroboter verwandeln Stammzellen in Knochenzellen

- **Durch mechanische Stimulation lassen sich Stammzellen in Knochenzellen verwandeln.**
- **In einem System mit Nanorobotern und Laserlicht haben Forschende gezeigt, dass eine zuverlässige Transformation möglich ist.**
- **Im Prinzip lassen sich so auch Herz- und Knorpelzellen herstellen.**

Erstmals ist es Forschenden der Technischen Universität München (TUM) gelungen, Stammzellen mithilfe von Nanorobotern derart präzise zu stimulieren, dass sie sich gezielt und zuverlässig in Knochenzellen verwandeln. Die Roboter drücken dafür von außen auf bestimmte Stellen in der Zellwand. Die neue Methode bietet Chancen für künftige, schnellere Therapien.

Die Nanoroboter von Prof. Berna Özkale Edelman bestehen aus winzigen Goldstäbchen und Kunststoffketten. Mehrere Millionen davon befinden sich in einem nur 60 Mikrometer kleinen Gelkissen zusammen mit einigen wenige menschlichen Stammzellen. Angetrieben und gesteuert durch Laserlicht stimulieren die wie kleine Kügelchen aussehenden Roboter die Zellen mechanisch, indem sie Druck ausüben.

„Wir erhitzen das Gel lokal und können mit unserem System die Kräfte exakt bestimmen, mit denen die Nanoroboter auf die Zelle drücken – und sie so anregen“, erläutert die Professorin für Nano- und Mikrorobotik an der TUM. In der Zelle stößt diese mechanische Stimulation biochemische Prozesse an. Ionenkanäle verändern ihre Eigenschaften, Proteine werden aktiviert, darunter eines, das vor allem für die Bildung von Knochen wichtig ist.

Herz- und Knorpelzellen: Das richtige Belastungsmuster finden

Geschieht die Stimulation in richtigem Rhythmus und mit der richtigen (geringen) Kraft, lässt sich eine Stammzelle innerhalb von drei Tagen sehr zuverlässig so triggern, dass sie sich binnen drei Wochen in eine Knochenzelle entwickelt. „Das entsprechende Belastungsmuster lässt sich auch für Knorpel- und Herzzellen finden“, ist sich Berna Özkale Edelman sicher. „Das ist fast wie im Fitness-Center: Wir trainieren die Zellen für einen ganz speziellen Einsatzbereich. Jetzt müssen wir nur noch herausfinden, welches Belastungsmuster zum jeweiligen Zelltyp passt“, sagt die Leiterin des Microbiotic Bioengineering Labs an der TUM.

Mechanische Kräfte bahnen die Transformation zur Knochenzelle

Um Knochenzellen herzustellen, bedient sich das Forschungsteam sogenannter mesenchymaler Stammzellen. Sie gelten als „Reparaturzellen“ im Körper, sind etwa 10 bis 20 Mikrometer groß und generell in der Lage, sich beispielsweise in Knochen-, Knorpel- und Muskelzellen weiterzuentwickeln.

Die Herausforderung: Die Transformation in ausdifferenzierte Zellen ist komplex und lässt sich bisher schwer steuern. „Wir haben eine Technologie entwickelt, mit der man in einer dreidimensionalen Umgebung sehr exakt Kräfte auf die Zelle einwirken lassen kann“ sagt TUM-Wissenschaftlerin Özkale Edelman, „das ist in der Forschung bisher einmalig.“ Die Forschenden gehen davon aus, dass sich mit dieser Methode selbst Knorpel- und Herzzellen aus menschlichen Stammzellen herstellen lassen.

Automatisierung ist der nächste Schritt

Für eine Therapie benötigen Ärztinnen und Ärzte letztlich weit mehr ausdifferenzierte Zellen – etwa eine Million. „Deshalb ist es im nächsten Schritt wichtig, unsere Produktion zu automatisieren, um schneller mehr Zellen herstellen zu können“, sagt Prof. Özkale Edelman.

Mehr Informationen

Forscher Cheng Wang erläutert, wie sich Stammzellen durch Impulse durch Nanoroboter in Knochenzellen verwandeln (englisch): <https://www.youtube.com/watch?v=gP8WolgBV54>

Die Forscherin Nergishan Iyizan aus dem Microbiotic Bioengineering Lab der Technischen Universität München erläutert, wie sich biochemische Prozesse in den Zellen durch mechanische Stimulation verändern: <https://www.youtube.com/watch?v=pjfSTh-Nxwc>

Forscher Chen Weng aus dem Microbiotic Bioengineering Lab der Technischen Universität München zeigt das neue System aus Nanorobotern, das Stammzellen durch Stimulation in Knochenzellen verwandeln kann: <https://www.youtube.com/watch?v=mNl4Ga5pDkY>
Zusatzinformationen für Redaktionen:

Originalpublikation:

Photothermally Powered 3D Microgels Mechanically Regulate Mesenchymal Stem Cells Under Anisotropic Force; Chen Wang, Nergishan Iyisan, Philipp Harder, Valentin H. K. Fell, Viktorija Kozina, Hendrik Dietz, Olivia M. Merkel, and Berna Özkale; Advanced Materials, 9-2025; <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202506769>

Hydrostatic Pressure Induces Osteogenic Differentiation of Single Stem Cells in 3D Viscoelastic Microgels; Nergishan Iyisan, Fernando Rangel, Leonard Funke, Bingqiang Pan, Berna Özkale; <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/smsc.202500287>