

Gut verpackt: Goldnanopartikel werden in Hydrogel eingebettet und unter die Haut implantiert

Großporige Hydrogele eignen sich als Träger für Nanosensoren, die zur medizinischen Diagnostik dienen

Winzig kleine Goldnanopartikel können als medizinische Sensoren unter die Haut implantiert werden und von hier Informationen über Körperfunktionen oder im Blut zirkulierende Stoffe nach außen übermitteln. Das grundlegende Prinzip dieser Beobachtung von Biomarkern mithilfe von Nanogold hat die Nanobiotechnologie-Gruppe von Prof. Dr. Carsten Sönnichsen an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) demonstriert. Nun ist es dem Team gelungen, eine geeignete Verpackung für die Nanoteilchen zu finden. „Die winzigen Sensoren müssen in ein Gel eingebettet werden, damit sie ihre Funktion erfüllen und gut zu handhaben sind“, sagt Katja Buder aus der Arbeitsgruppe um Sönnichsen. „An dieses Gel stellen wir einige Bedingungen, es ist noch weit mehr als eine reine Verpackung. Jetzt haben wir unter vier Kandidaten die beste Verbindung herausgefunden.“ Sehr gut geeignet ist demnach ein Hydrogel, das aus zwei Polymeren besteht und abgekürzt als pHEMA-PEGDA bezeichnet wird. Die Arbeit wurde durch eine Forschungsförderung der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation unterstützt und in dem Fachjournal Applied Bio Materials veröffentlicht.

Hydrogel besitzt gewebeähnliche Struktur mit verbundenen Poren

Mit implantierbaren Sensoren können Biomarker für medizinische Zwecke kontinuierlich überwacht werden, ohne dass Blutproben entnommen werden müssen. Für die Lebensqualität beispielsweise von Diabetikern würde diese Datenübertragung eine deutliche Verbesserung bedeuten. Die Gruppe um Carsten Sönnichsen hatte in den vergangenen Jahren solche Nanosensoren entwickelt und gezeigt, dass durch Kontakt mit einem Antibiotikum eine Farbveränderung des Sensors erfolgt, die durch die Haut ausgelesen werden kann. Die Nanopartikel müssen dazu in ein gewebeähnliches Hydrogel eingebettet werden, das große, miteinander verbundene Poren besitzt. Durch diese Poren können kleine Blutgefäße oder Zellen einwachsen, die zum einen den zu analysierenden Stoff zu den Sensoren transportieren und zum anderen das Implantat an Ort und Stelle halten. „Aber am wichtigsten ist, dass die Funktion der Nanosensoren in dieser Hydrogelmatrix erhalten bleibt“, sagt Katja Buder, die sich mit den unterschiedlichen Gelen im Rahmen ihrer Doktorarbeit beschäftigt.

Porenstruktur reguliert Durchlässigkeit des Gels

Getestet wurden vier Kandidaten: Agarose, das ist ein Polysaccharid auf Algenbasis, zwei Copolymere, nämlich pHEMA-TEGDMA und pHEMA-PEGDA, sowie das Polymer pPEGDA. „Die Stoffe müssen einerseits biologisch verträglich sein, damit sie im Körper keinen Schaden anrichten, andererseits dürfen sie nicht biologisch abbaubar sein“, so Buder. Das ist noch nicht alles: Das Gel soll vom Körper nicht als Fremdstoff erkannt werden, weil es sonst eingekapselt würde. Dies gelingt durch die Porenstruktur. Dabei sorgen zwei Arten von Poren in zwei Größenskalen für die richtige Mischung: Makroporen im Mikrometerbereich erlauben das Einwachsen von Blutgefäßen und Zellen, während Mikroporen im Nanometerbereich unerwünschte Proteine am Eindringen hindern. „Die Copolymere funktionieren am besten. Die beiden Polymerstränge sind miteinander verknüpft und bilden eine Art Maschenstruktur, die unsere Nanosensoren wie ein Schutzschild umgibt und

unerwünschte Eindringlinge abhält“, sagt Katja Buder.

Der eigentliche Sensor, der wie eine Antenne funktioniert, besteht aus Milliarden von winzigen Goldnanopartikeln. Auf jedem dieser Nanoteilchen sitzen wiederum eine Menge kleiner DNA-Stränge, an die sich die zu untersuchende Substanz anheftet. Das Gel hat die Aufgabe, die zahllosen Partikel einzubetten, die Funktion der Partikel zu erhalten und das Konglomerat in der Größe von einem Cent-Stück in eine passende Form und Konsistenz zu bringen: Es soll weich und angenehm unter der Haut sein, aber auch nicht zu weich, damit es mit einer Pinzette gut zu handhaben ist. Diese Anforderungen hat pHEMA-PEGDA – die Abkürzung steht für ein Copolymer aus Poly(2-hydroxyethyl methacrylatpoly(ethylen glycol)diacrylat) – am besten erfüllt. „Mit pHEMA-PEGDA haben wir das passende Gel gefunden, das wir auch bei künftigen Versuchen einsetzen werden“, erklärt Katja Buder.

Weiterführende Links:

<https://www.chemie.uni-mainz.de/> – Department Chemie an der JGU

<https://www.mpgc-mainz.de/> – Max Planck Graduate Center mit der Johannes Gutenberg-Universität

Lesen Sie mehr:

https://www.magazin.uni-mainz.de/12095_DEU_HTML.php – JGU-Magazin-Beitrag „Implantierte Gold-Partikel arbeiten als Sensoren (14. Oktober 2021)

„https://www.uni-mainz.de/presse/aktuell/13376_DEU_HTML.php – Pressemitteilung „Tattoo aus Goldnanopartikeln revolutioniert medizinische Diagnostik“ (31.03.2021)

https://www.uni-mainz.de/presse/aktuell/8359_DEU_HTML.php – Pressemitteilung „Chemische Reaktionen per Licht antreiben“ (25.04.2019)

<https://www.uni-mainz.de/presse/57174.php> – Pressemitteilung „Chemiker entwickeln neuartige Nanosensoren zum Nachweis von Proteinen und Viren“ (31.07.2013)

<https://www.uni-mainz.de/presse/50547.php> – Pressemitteilung „Gold-Nanoantennen spüren Proteine auf“ (28.02.2012)

Originalpublikation:

Katja Buder et al.

Integrating Nanosensors into Macroporous Hydrogels for Implantation

Applied Bio Materials, 9. Februar 2022

DOI: 10.1021/acsabm.1c01290

<https://doi.org/10.1021/acsabm.1c01290>