

Nano-3D-Drucken für medizinische Anwendungen

Personalisierte Wirkstoffabgabe oder nanometergroße robotische Systeme könnten ein Schlüsselkonzept für zukünftige medizinische Anwendungen darstellen. In diesem Zusammenhang haben Wissenschaftler um David Ng (Arbeitskreis Prof. Tanja Weil) vom Max-Planck-Institut für Polymerforschung (MPI-P) kürzlich eine Technologie entwickelt, um die Formen von Polymeren und polymeren Nanopartikeln mit Hilfe von DNA-Molekülen zu steuern. Sowohl in 2D als auch in 3D können präzise Muster von Strukturen aus biokompatiblen Polymermaterialien basierend auf einer aus DNA bestehenden Vorlage entworfen und konstruiert werden.

Im Bereich von einem Millionstel Millimeter, dem Größenbereich eines Virus, werden synthetische Nanomaterialien als nächster Meilenstein in der Medizintechnik erwartet. Partikel dieser Größe sind in der Lage, sich gut im menschlichen Körper zu verbreiten und gleichzeitig der Ausfilterung durch die Niere zu entgehen. Sei es die „magische Medikamentenkapsel“ oder den Bau von „Nanomaschinen“ besteht die primäre Einschränkung in der Fähigkeit Materialien innerhalb dieses Größenregimes zu manipulieren und zu formen. Ohne spezifische Techniken zur Anpassung und Kontrolle der Formen ist ein Vorantreiben der Forschung in diesem Gebiet schwierig.

Mit DNA quasi als Gussform und Dopamin/Polyethylenglykol als Material haben die Wissenschaftler des MPI-P eine Technologie entwickelt, um verschiedene polymere Formen mit einer Auflösung herzustellen, die in der Nanotechnologie bisher als äußerst schwierig erachtet wurde. Während das ungiftige Polyethylenglykol bereits in der Kosmetik oder in medizinischen Anwendungen weit verbreitet ist, ist Dopamin ein Neurotransmitter, der natürlich im menschlichen Körper vorkommt. Mit diesen biokompatiblen Komponenten ist ein Prototyp zum Bedrucken von 2D- und 3D-Nanopartikeln mit unterschiedlichen Mustern möglich geworden.

Die Wissenschaftler leiteten die Technik von DNA Origami ab, einem Verfahren, das DNA-Stränge in unterschiedliche Formen verwickelt. Sie stellten rechteckige DNA-Blätter mit einer Größe von 100 Nanometer auf 70 Nanometer her und fügten molekulare Anker hinzu, die als adressierbare Ankerpunkte für das Wachstum von Polymeren dienen. Da diese Anker in jedem beliebigen Muster auf dem DNA-Blatt positioniert werden können, kann die Form des Polymerwachstums basierend auf der Anordnung festgelegt werden. Als Beweis der Funktionsfähigkeit dieses Konzeptes wurden Polymerstrukturen wie Linien und Kreuze aus den DNA/Ankerpositionen am Origami geformt und im letzten Schritt wieder von dem DNA-Material abgelöst.

Auf der Grundlage dieser Technologie gingen die Wissenschaftler noch einen Schritt weiter, indem sie das DNA-Rechteck zu einem Zylinder rollten und so die Positionierung der Anker im dreidimensionalen Raum ermöglichten. Mit diesem Zylindermodell strukturierten sie die Innenkontur mit Polydopamin und dekorierten die Außenfläche in einem schrittweisen Prozess mit Polyethylenglykol. Auf diese Weise zeigen sie, dass die inneren und äußeren Eigenschaften des Zylinders unabhängig voneinander festgelegt werden können, was zur Fähigkeit führt, dreidimensionale Präzisionskomponenten z. B. für Nanomaschinen herzustellen.

In Zukunft wollen die Wissenschaftler gemeinsam mit Experten aus der Medizintechnik Medikamente in diese synthetischen Nanoformen füllen, wobei jeder von ihnen im menschlichen Körper abhängig von der Form anders transportiert wird. Ziel ist es, den Einfluss von Form und

Position biologisch aktiver Moleküle zu verstehen und anzuwenden, um eine neue Generation der Nanomedizin zu schaffen.

Über David Ng

David Ng wurde in Singapur geboren. Er studierte Chemie an der National University of Singapore und erhielt einen erstklassigen Bachelor-of-Science -Abschluss. Anschließend schloss er 2014 unter der Leitung von Prof. Tanja Weil, gefördert von der Universität Ulm und dem MPI-P, seinen Dr. rer. nat. mit summa cum laude ab. Nach einem kurzen Aufenthalt an der Universität Ulm als Nachwuchsgruppenleiter wechselte er 2016 als Gruppenleiter in die Abteilung für die Synthese von Makromolekülen zum MPI-P. Im Jahr 2019 wird er in der Ausgabe von ChemBioTalents (Wiley VCH) als eine der aufstrebenden „Schlüsselpersonen, die die Zukunft der Forschung an der Schnittstelle von Chemie und Biologie prägen werden“, vorgestellt.

Originalpublikation:

Fabrication of Defined Polydopamine Nanostructures by DNA Origami-Templated Polymerization:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.201711560>

Polymer tube nanoreactors via DNA-origami templated synthesis:
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/cc/c7cc09620h>