

Ein neuer Schalter für das Immunsystem

Forschende entdecken neue Methode, um menschliche Abwehrzellen zu aktivieren

Immunzellen schützen und heilen den menschlichen Körper. In der Medizin werden sie über biochemische Reaktionen gezielt aktiviert, um bestimmte Krankheiten zu behandeln. Forschende des Helmholtz-Zentrums Hereon, der ETH Zürich, der Humboldt-Universität zu Berlin, der Charité Berlin und des Inselspitals Bern haben nun herausgefunden, dass die Abwehrzellen auch auf die Oberflächenstruktur von Materialien reagieren – ganz ohne Chemie. Diese Erkenntnis eröffnet neue Wege für wirksame Krebs- und Immuntherapien und die Implantologie. Die Studie wurde kürzlich im Fachjournal ACS Nano vorgestellt.

T-Zellen sind wichtige Abwehrzellen des menschlichen Immunsystems. Sie wandern durch den Körper und tasten dabei wie kleine Fühler ständig ihre Umgebung ab. Auf ihrer Oberfläche haben sie winzige Ausstülpungen mit Rezeptoren, sogenannte Mikrovilli, mit denen sie schädliche Erreger wie Bakterien und Viren, fremde Stoffe oder auch veränderte körpereigene Zellen erkennen können. Bei Kontakt werden die Zellen aktiviert und lösen eine Immunreaktion aus. Dieses Prinzip nutzen Medizinerinnen und Mediziner auch für die Behandlung bestimmter Krankheiten, zum Beispiel in der Krebstherapie.

Zellen verbinden sich mit winzigen Poren

Bislang ging man davon aus, dass T Zellen nur durch biochemische Signale aktiviert werden. Das deutsch-schweizerische Forschungsteam hat nun gezeigt, dass T Zellen auch auf die physikalische Beschaffenheit einer Oberfläche reagieren können – also darauf, welche Struktur ein Material auf mikroskopischer Ebene hat. „Wenn die T-Zellen auf speziell gestaltete Strukturen im Nanometerbereich treffen, also Strukturen, die tausendfach kleiner sind als die Breite eines Haares, passiert etwas Erstaunliches“, sagt Prof. Enrico Klotzsch, Leiter der Studie und Wissenschaftler am Hereon-Institut für Aktive Polymere am Standort Teltow. „Die Zellen werden aktiviert, obwohl die üblichen biochemischen Aktivierungssignale fehlen“. Die winzigen Poren auf der Oberfläche des fremden Materials wirken wie eine Art physischer Schalter. Durch den Kontakt zwischen den Mikrovilli und den Nanoporen entstehen Verbindungen, die Signale in der Zelle und damit eine Immunreaktion auslösen.

Neue Möglichkeiten für die Medizin

Für die Studie nutzten die Forschenden anodisiertes Aluminiumoxid, eine Art zellverträgliche Keramik, die mit einem elektrochemischen Ätzprozess hergestellt wird. Dabei wird hochreine Aluminiumfolie elektrischer Spannung und Säure ausgesetzt, wodurch sie oxidiert und feinste Löcher mit einem Durchmesser von 250 Nanometern auf ihrer Oberfläche entstehen. Die Forschenden untersuchten unter dem Mikroskop, wie die T-Zellen mit diesen nanoporösen Oberflächen interagieren. Dafür isolierten sie die Zellen zuvor aus dem Blut von Patientinnen und Patienten.

„Die Ergebnisse zeigen erstmals, dass die Form und Struktur eines Materials die Aktivierung von Immunzellen direkt beeinflussen kann. Damit erweitert die Studie das wissenschaftliche Verständnis darüber, wie Zellen ihre Umwelt wahrnehmen und auf sie reagieren“, sagt Enrico Klotzsch.

Langfristig könnte dieses Wissen helfen, neue Arten von Biomaterialien zu entwickeln, die das Immunsystem gezielt steuern. Denkbare Anwendungen reichen von wirksameren Immuntherapien gegen Krebs über die Unterstützung der Geweberegeneration bis hin zu intelligenten Implantaten, die aktiv mit dem Körper kommunizieren. „Dies könnte Behandlungen effektiver und gleichzeitig schonender gestalten.“

Als Nächstes wollen die Forschenden untersuchen, wie unterschiedliche Nanostrukturen die Reaktion von T Zellen beeinflussen und welche Auswirkungen dies auf die Immunabwehr hat. Anschließend sollen die Ergebnisse mit T Zellen von Krebspatientinnen und -patienten überprüft werden, um das Potenzial für medizinische Anwendungen besser einschätzen zu können.

Spitzenforschung für eine Welt im Wandel

Das Ziel der Wissenschaft am Helmholtz-Zentrum Hereon ist der Erhaltung einer lebenswerten Welt. Dafür erzeugen rund 1000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Wissen und erforschen neue Technologien für mehr Resilienz und Nachhaltigkeit – zum Wohle von Klima, Küste und Mensch. Der Weg von der Idee zur Innovation führt über ein kontinuierliches Wechselspiel zwischen Experimentalstudien, Modellierungen und künstlicher Intelligenz bis hin zu Digitalen Zwillingen, die die vielfältigen Parameter von Klima und Küste oder der Biologie des Menschen im Rechner abbilden. Damit wird interdisziplinär der Bogen vom grundlegenden wissenschaftlichen Verständnis komplexer Systeme hin zu Szenarien und praxisnahen Anwendungen geschlagen. Als aktives Mitglied in nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken und im Verbund der Helmholtz-Gemeinschaft unterstützt das Hereon mit dem Transfer der gewonnenen Expertise Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bei der Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft.

Originalpublikation:

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.5c16841>