

# Biokompatible Textilbeschichtungen: Ein Potenzial für Herniennetze?

Die Neu- bzw. Weiterentwicklung von innovativen Implantatmaterialien nimmt nach wie vor einen hohen Stellenwert in der heutigen Materialforschung ein. Zielsetzung dieser Bemühungen ist insbesondere die Steigerung der Biokompatibilität bereits eingesetzter Werkstoffe. Eine Option dies zu erreichen, liegt in der Oberflächenmodifikation mit Hilfe neuartiger Beschichtungsverfahren. Die Bio-Cer Entwicklungs GmbH hat in den vergangenen Jahren mehrfach innovative Konzepte entwickelt, mit denen eine Optimierung von Implantatoberflächen hinsichtlich Biokompatibilität aber auch Bio-funktionalität erreicht werden kann. Durch die Anpassung eines nasschemischen Beschichtungsverfahrens ist es nun gelungen, textile Implantatmaterialien, wie zum Beispiel Herniennetze, mit einer reinen Titanoxidoberfläche auszurüsten und die Biokompatibilität hierdurch nachhaltig zu steigern.

Titan ist seit dem Ende des 18. Jahrhunderts bekannt und wurde seitdem aufgrund seiner außerordentlichen Charakteristik in vielen Bereichen des täglichen Lebens als bevorzugtes Material eingesetzt. Insbesondere in der Medizin hat sich Titan aufgrund guter mechanischer Eigenschaften sowie der hervorragenden Körperverträglichkeit als bevorzugter Werkstoff immer wieder bewährt.

Verantwortlich für die sehr gute Verträglichkeit des Metalls, ist die Eigenschaft des Titans, binnen weniger Millisekunden eine schützende und stabile  $\text{TiO}_2$ -Schicht auf der Materialoberfläche zu bilden, sobald diese mit Luft, Wasser oder Körperflüssigkeiten in Kontakt kommt. Innerhalb eines weiten pH-Bereiches besitzt diese Oxid-Oberfläche freie, funktionelle OH-Gruppen. Diese wiederum dienen den menschlichen Proteinen als Anker, die nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an diese anbinden können und somit die Implantate in den humanen Organismus integriert werden [1].

Ist bei der Auswahl eines geeigneten Implantatmaterials neben einer außerordentlichen Biokompatibilität zusätzlich eine hohe Flexibilität und/oder Elastizität maßgeblich, so scheidet der Werkstoff Titan aufgrund seiner, im Vergleich zu Kunststoff, spröden und steifen Charakteristik aus. Die Folge daraus ist oftmals der Einsatz von Alternativwerkstoffen polymerer Natur, die jedoch nicht selten eine unzureichende Körperverträglichkeit aufweisen, und somit zu Fremdkörperreaktionen bis hin zur Einkapselung des Implantates führen können. Abhilfe bei dieser Problematik schaffen innovative Beschichtungsverfahren. Durch gezielte Modifikationen der Materialoberflächen ist es

möglich geworden, die Körperverträglichkeit unterschiedlichster Materialien nachhaltig zu steigern. Die Verfahren reichen hierbei von einfachen Veränderungen der Oberflächenrauigkeit zur Steigerung der Zelladhäsion bis hin zur kompletten Maskierung des Grundmaterials mit biokompatiblen Beschichtungen. Lehle et al. [2] beschreiben die Verbesserung des Langzeitverhaltens von textilen Implantaten und Biomaterialien auf Kunststoffbasis durch eine plasmaaktivierte Gasphasenabscheidung (PACVD). Bei diesem Verfahren werden unterschiedlichste Polymere mit einer dünnen, titanhaltigen Beschichtung versehen. Neben dem Element Titan werden zusätzlich Kohlenstoff und Stickstoff

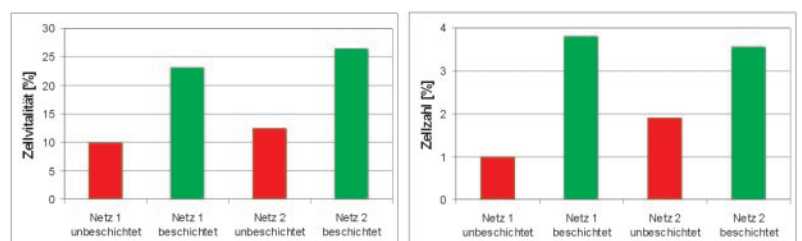


Abb.1: Zellvitalität und Zellzahl von unbeschichteten und beschichteten Herniennetzen 24h nach der Besiedelung mit Fibroblasten ■

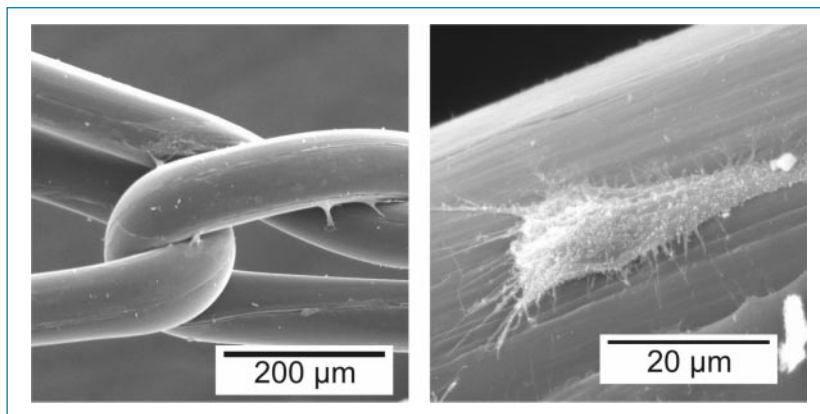


Abb. 2: Verbessertes Zellwachstum auf oberflächenmodifizierten Herniennetzen ■

in die Schicht eingebaut, welche bei Kontakt mit Luftsauerstoff einer nachträglichen Oxidation unterzogen werden. In vitro Untersuchungen an diesen modifizierten Materialien im Vergleich zu unbeschichteten Vergleichsproben haben gezeigt, dass eine Steigerung der Zellvitalität erreicht werden kann. Eine ebenfalls deutliche Erhöhung des Zellwachstums konnten Stenzel et al. [3] bei Ihren Untersuchungen zur Beschichtung von medizinischen Titanlegierungen mit Titanoxid-schichten beobachten.

Der BioCer Entwicklungs GmbH ist es gelungen, mit Hilfe eines modifizierten, nasschemischen Beschichtungsverfahrens eine reine Titanoxidschicht auf polymeren Implantatwerkstoffen abzuscheiden. Diese Beschichtung ist nahezu identisch zur Passivierungsschicht von metallischen Titanimplantaten. Die vorhandenen funktionellen OH-Gruppen sorgen für eine hervorragende Biokompatibilität und demzufolge für eine verbesserte Einheilung des Implantates in den humanen Organismus.

Zielsetzung der neuartigen Beschichtung ist in einem ersten Schritt die Optimierung des Einwachsverhaltens von Weichgewebeverstärkungsimplantaten. Hierzu zählen unter anderem Herniennetze aus Polypropylen, die in unterschiedlichen Gewirkeausführungen hergestellt werden. Um den Einfluss einer reinen Titanoxid-Beschichtung auf die Biokompatibilität zu bestimmen, wurden unterschiedliche Netzmate-

rialien beschichtet und anschließend mit Fibroblasten besiedelt. Nach einer Inkubationszeit von 24h wurden die Proben anschließend auf Zellvitalität und Zellzahl hin untersucht und die Ergebnisse in Vergleich zu den unbeschichteten Netzen dargestellt (Abb. 1).

Bei beiden Netzmaterialien zeigt sich, dass durch die Beschichtung eine deutliche Steigerung der Zellvitalität aber auch der Zellzahl und somit des Zellwachstums erreicht wird. Zusätzliche Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop bestätigten den Eindruck der optimierten Biokompatibilität (Abb. 2). Auf den beschichteten Proben zeigen sich bereits 24h nach der Besiedelung deutlich strukturierte Zellen, die sich gleichmäßig über das Netzmaterial ausbreiten.

Basierend auf diesen Ergebnissen kann davon ausgegangen werden, dass das neuartige Beschichtungsverfahren deutliche Vorteile bei einer Vielzahl von Implantatwerkstoffen mit sich bringt. Insbesondere bei den Weichgewebeverstärkungsimplantaten bleibt der erforderliche flexible und elastische Charakter des Grundmaterials weiterhin komplett erhalten, da die nur ca. 100 Nanometer dicke Schicht kaum physikalische oder chemische Veränderungen der Werkstoffe nach sich zieht. Ungeachtet dessen ist die Beschichtung haftfest an das Polymer gebunden, so dass eine Ablösung der Schicht durch mechanische Beanspruchungen nicht erfolgt. Neben der Oberflächenmodifikation

von Herniennetzen eröffnet die Technologie weitere breite Anwendungsgebiete bei nahezu allen Implantatmaterialien, bei denen eine Optimierung der Biokompatibilität erforderlich ist. Gefäßprothesen, Brustimplantate oder Langzeitverweilkatheter sind nur einige wenige Beispiele für die Anwendung der Titanoxid-Schichten. ■

## Literatur

- [1] Köppen S, Langel W., *Adsorption of Collagen Fragments on Titanium Oxide Surfaces: A Molecular Dynamics Study*, Phys Chem, 221(1) (2007) 3
- [2] Lehle K, Lohn S., *Verbesserung des Langzeitverhaltens von Implantaten und anderen Biomaterialien auf Kunststoffbasis durch plasmaaktivierte Gasphasenabscheidung (PACVD)*, Abschlußbericht Forschungsverbund „Biomaterialien (FORBIOMAT II)“, (2002) 149
- [3] Stenzel F., Heidenau F., Faust V., Ziegler G. *Verbundsysteme auf Titanoxidbasis für die Anwendung in der Medizintechnik* BIOMaterialien 3, 2 (2002) 110. ■

### Autoren:



Dr.  
Markus Heinlein  
Leiter  
Produktmanagement

BioCer Entwicklungs GmbH  
Ludwig-Thoma Straße 36c  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 (0)921 78 77 70 71  
Fax: +49 (0)921 78 77 70 79  
markus.heinlein@biocer-gmbh.de  
www.biocer-gmbh.de



Frank Heidenau  
Entwicklungsleiter  
Beschichtungs-  
technik

BioCer Entwicklungs GmbH  
Ludwig-Thoma Straße 36c  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 (0)921 78 77 70 77  
Fax: +49 (0)921 78 77 70 79  
frank.heidenau@biocer-gmbh.de  
www.biocer-gmbh.de