

Implantate von morgen: bioaktiv, korrosionsresistent und antibakteriell

Die Lebenserwartung der Menschen nimmt durch eine sich kontinuierlich verbessernde medizinische Versorgung stetig zu. Dies führt einerseits dazu, dass Gelenke stärker verschleißten und durch Implantate ersetzt werden müssen. Andererseits verbleiben eingesetzte Implantate länger im Körper und müssen somit eine höhere Lebensdauer aufweisen. Bei den derzeit im klinischen Alltag eingesetzten Implantat-Materialien bestehen nach wie vor Revisionsraten von über 10 Prozent, vor allem im Hüft- und Kniegelenkbereich (Erzeugung von Abriebpartikeln, Korrosionsprodukte). Daher ist es notwendig neue Implantat-Materialien zu entwickeln, die die Lebensdauer von Implantaten erhöhen und Materialversagen vermeiden.



Metha® Kurzschaft-Hüftendoprothese mit Plasmapore® μ -CaP Implantatoberfläche. Der zementfreie Metha® Schaft ist mit der mikroporösen Reintitan Plasmapore® Oberfläche beschichtet, die eine optimale Grundlage für das Einwachsen von Knochenzellen in das Implantat bietet.

© B. Braun Melsungen AG

Die Herstellung von Implantaten und der Einsatz von neuen Materialien bei der Implantat-Produktion stellt Wissenschaft und Industrie vor eine große Herausforderung, da eine Vielzahl von Faktoren über die Lebensdauer des Implantates entscheiden. Eine wichtige Rolle spielt beispielsweise die Biokompatibilität des Implantat-Materials. Sie beschreibt wie gut oder schlecht ein Material vom Körper angenommen wird. Ein weiterer entscheidender Faktor ist das Verhalten eines Materials bei hoher Beanspruchung. Kommt es zu einem Materialversagen und bilden sich zum Beispiel Risse zwischen der Beschichtung und dem Grundmaterial durch eine mangelhafte Haftschrift, kann Körperflüssigkeit mit dem Grundmaterial in Kontakt kommen. Das Grundmaterial korrodiert, was dazu führen kann, dass das Implantat entnommen werden muss.

Weiterhin verbleiben durch die steigende Lebenserwartung des Menschen Implantate heutzutage länger im Körper als noch vor Jahren. Bei Materialverschleiß können Abriebpartikel entstehen, die eine Entzündungsreaktion hervorrufen, was ebenfalls die Entnahme des Implantats erforderlich machen kann. Daraus ergeben sich Komplikationen und Folgebehandlungen für den Patienten und hohe Kosten für das Gesundheitssystem. Deshalb erforscht man gegenwärtig unterschiedliche Materialien, die verschiedene Vorteile aber auch Nachteile mit sich bringen. Ob rostfreie Edelmetalle oder komplexe Titanlegierungen, die Probleme liegen oftmals in einer mangelhaften Oberflächenhärte oder einer ungenügenden Verschleißresistenz.

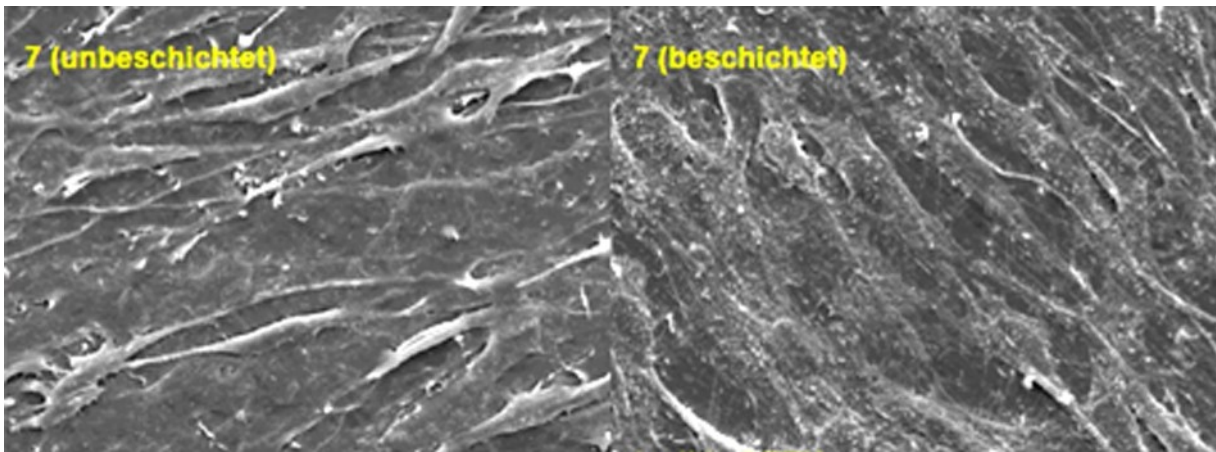
Beliebte Materialien mit Schattenseiten

Das Leichtmetall Titan ist neben Keramik und bestimmten Kunststoffen (z.B. Polyhydroxybuttersäure, PHB) einer der wichtigsten Implantat-Werkstoffe, insbesondere aufgrund der ausgezeichneten Biokompatibilität. Erfordert das Implantat jedoch eine hohe Flexibilität, ist Titan nicht immer die beste Lösung. Durch seine spröden und unflexiblen Materialmerkmale hat Titan weitere Nachteile (z.B. Korrosion), die dazu führen können, dass das Implantat vorzeitig ausgetauscht werden muss oder seine Funktion nicht erfüllen kann. Deshalb suchen Industrie und Wissenschaft nach neuen geeigneten Materialien. So wird im Bereich der Handchirurgie bei der rheumatoiden, degenerativen Arthritis des Daumensattelgelenks ein flexibles Implantat aus Silikonelastomer verwendet.

Die Biofunktionalisierung von Oberflächen steht derzeit im Vordergrund bei der Entwicklung von neuen Implantaten. Titanimplantate werden aufgeraut, um die mechanische Verankerung im Knochen zu unterstützen. Metall- oder Kunststoffimplantate werden mit Wachstumsfaktoren oder anderen Wirkstoffen beschichtet, um eine bessere Integration in das umliegende Gewebe zu erreichen und/oder Entzündungsreaktionen vorzubeugen. In der Implantat-Forschung werden auch schwerpunktmäßig die Vorgänge untersucht, die an der Grenzfläche zwischen Werkstoff und Gewebe stattfinden. Implantate können eine mechanische Funktion wiederherstellen, aber auch das natürliche Nachwachsen körpereigener Strukturen unterstützen, indem sie als Platzhalter dienen, Wachstumsfaktoren abgeben und sich nach erfolgreicher Heilung im Körper auflösen (s. auch [Künstliche Sehnen aus Bikomponentfasern](#)). Zudem nimmt sich die Medizintechnik die Natur zum Vorbild, indem sie beispielsweise carbonathaltige Stoffe bei der Entwicklung von Wirbelsäulen-Implantaten einsetzt (s. auch [Orthobion GmbH erforscht Biomaterialien für Wirbelsäulen-Implantate](#)).

Mit Nanopartikeln die Körperakzeptanz erhöhen

Die Nanobiotechnologie verbindet die Biologie mit der Nanotechnologie, also mit der Herstellung und Untersuchung von Strukturen und Materialien im



Rasterelektronenmikroskopie. Im Bild rechts: deutlich strukturierte Zelloberfläche durch osteointegrale Oberflächenbeschichtung des Implantatwerkstoffs. Keine spindelige Morphologie der Zellen.

nanoskaligen Bereich. Auch in der Implantat-Forschung findet sie Anwendung. Nanostrukturierte Implantat-Oberflächen sollen die Wechselwirkung zwischen Implantat und den umliegenden Zellen/Gewebe verbessern. Nanopartikel aus hochfesten Materialien mit besonderen Gleiteigenschaften können die Lebensdauer des Implantats wesentlich verlängern, indem sie die Abriebsbildung unterbinden. Neben der gezielten Oberflächenstrukturierung im Nanometerbereich, die zu einer verbesserten Zelladhäsion und -proliferation führen soll, spielt die Osteoinduktion eine große Rolle. Darunter versteht man die Fähigkeit eines Materials, die Knochenneubildung anzuregen. Dies soll zu einer verbesserten Knochenheilung durch das Heranwachsen der Knochenzellen an das Implantat (Osseointegration) führen und damit zu einem direkten strukturellen Verbund zwischen der Oberfläche des Implantats und des Knochenmaterials.

Um eine Abstoßungsreaktion des Körpers zu unterbinden, gibt es im Bereich der Nanobiotechnologie Versuche, eine Wirkstofffreisetzung durch das Implantat vorzunehmen und nicht mehr durch die begleitende Einnahme von Medikamenten. Die Oberfläche des Implantats wird dabei mit Edelgas-Ionen beschossen, wodurch sich direkt unterhalb der Oberfläche eine Schicht aus Nanobläschen bildet. Diese können mit Medikamenten gefüllt werden, die dann im Körper über einen bestimmten Zeitraum freigesetzt werden. Die Größe der Bläschen bestimmt dabei die Dauer und Menge der Wirkstofffreisetzung.

Antibakterielle Materialien gesucht

Biomaterialien von morgen sollen neben der Verschleiß- und Korrosionsresistenz auch antibakterielle Merkmale aufweisen, um Infektionen und daraus resultierende belastende Folgebehandlungen zu vermeiden. Auch hier spielt die Funktionalisierung von Implantat-Oberflächen mithilfe der Nanobiotechnologie eine große Rolle. Silber weist eine hervorragende antibakterielle Eigenschaft auf. Werden Silberpartikel auf die Oberfläche von Implantaten aufgebracht, geben sie kontinuierlich Silber-Ionen ab, die Enzyme des bakteriellen Energiestoffwechsels blockieren. Die Bakterien werden abgetötet, wodurch die Infektionsrate gesenkt werden kann.

Die Implantate von morgen sollen einer Vielzahl von Ansprüchen gerecht werden. Es kommt nicht mehr nur darauf an eine Funktion zu ersetzen. Implantate sollen auch die Regenerationskraft des Körpers unterstützen und sich gegebenenfalls auflösen, Entzündungsreaktionen vermeiden und lebenslang im Körper verbleiben. Noch besteht ein hoher Entwicklungsbedarf, um alle diese Ansprüche erfüllen zu können.