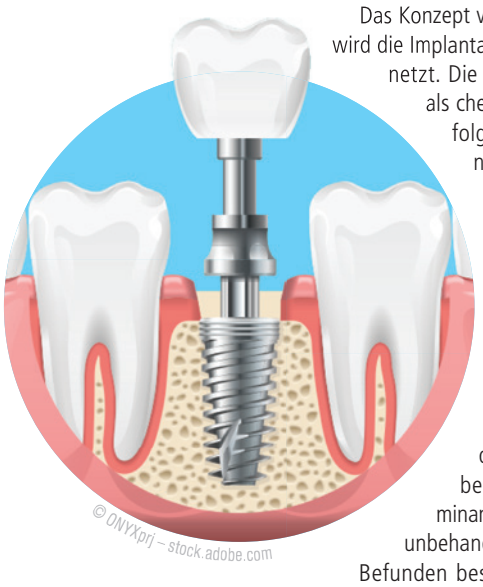
Implantatreinigung in zehn Sekunden?

Forscher testen neue Technik gegen periimplantäre Biofilme.

PADOVA – Periimplantäre Infektionen gehören zu den hartnäckigsten Komplikationen in der Implantologie. Sie gefährden nicht nur den Knochen, sondern oft das gesamte Implantat. Nun haben italienische Forscher ein Verfahren untersucht, das mit einem schlanken Ablauf und kurzer Behandlungsdauer punkten will: die sogenannte Ten Second Technique.


© ONYXprj – stock.adobe.com

Das Konzept verbindet dabei zwei etablierte Werkzeuge. Zunächst wird die Implantatoberfläche zehn Sekunden lang mit Hybenx Gel benetzt. Die sulfonierte Phenolsäure ist aus der Parodontologie als chemischer Debridement-Helfer bekannt. Direkt danach folgt eine mechanische Reinigung mit Natriumbicarbonatstrahl. Die Idee dahinter ist eine kurze, aber intensive chemomechanische Desinfektion, die den Biofilm knackt, ohne das Implantat unnötig zu beschädigen. Für die Untersuchung wurden zwei explantierte Titanimplantate genutzt, die klinisch wegen periimplantärer Infektion entfernt worden waren. Beide wiesen vor der Behandlung massive weiche und harte Ablagerungen auf. Nach der Kombination aus Gel und Air-Polishing zeigten sich die Oberflächen im Rasterelektronenmikroskop deutlich sauberer. Die anschließende Röntgenanalyse bestätigte den visuellen Eindruck. Organische Kontaminanten und Fremdmaterialien waren im Vergleich zu den unbehandelten Proben deutlich reduziert. Neben den In-vitro-Befunden beschreibt das Autorenteam einen einzelnen klinischen Fall, in dem TST ebenfalls angewendet wurde. In der radiologischen Kontrolle nach drei Monaten zeichnete sich eine mögliche Regeneration des periimplantären Knochens ab. Für eine valide klinische Bewertung sei das aber noch zu früh, betonen die Autoren selbst. DT

Zur Studie

Quelle: ZWP online

Titan unter der Lupe

Partikelverteilung und Genaktivität bei Implantatträgern.

GÖTEBORG/UPPSALA – Titan ist der Goldstandard der dentalen Implantologie – robust, biokompatibel und seit Jahrzehnten erfolgreich im Einsatz. Ein Forschungsteam der Universität Göteborg hat nun in einer im Fachjournal *Communications Medicine* veröffentlichten Studie aufgezeigt: Mikroskopisch kleine Titanpartikel sind im Weichgewebe rund um Implantate weitverbreitet, und das sogar unabhängig von entzündlichen Prozessen wie Periimplantitis.

Die Studie unter Leitung von Prof. Tord Berglundh von der Sahlgrenska Akademie analysierte Gewebeproben von 21 Patienten mit mehreren benachbarten Implantaten. Dabei wurde an jeder Person sowohl gesundes als auch entzündetes Gewebe untersucht. Überraschendes Ergebnis: In sämtlichen Proben fanden sich Titanpartikel, unabhängig davon, ob Entzündungen vorlagen oder nicht. Die Partikeldichte variierte von Mensch zu Mensch, jedoch nicht signifikant zwischen entzündetem und gesundem Gewebe innerhalb derselben Person. Zur genauen Analyse nutzten die Wissenschaftler ein spezielles bildgebendes Verfahren (µ-PIXE), das in Zusammenarbeit mit der Universität Uppsala zum Einsatz kam. Damit konnten die mikroskopisch kleinen Metallrückstände im Gewebe sichtbar gemacht und präzise erfasst werden.

Besonders brisant ist jedoch ein weiterer Befund: In Gewebeproben mit höherer Titanpartikeldichte zeigten sich messbare Veränderungen in der Genaktivität. Insgesamt waren 14 Gene betroffen, die vor allem mit Entzündungsreaktionen und Wundheilung in Verbindung stehen. Die Forschenden betonen allerdings, dass noch unklar ist, ob die Partikel diese biologischen Prozesse beeinflussen oder ob die Unterschiede durch individuelle Reaktionen des Körpers erklärt werden können.

Als mögliche Ursache für das Auftreten der Partikel vermuten die Autoren die chirurgische Insertion des Implantats, insbesondere das Eindrehen in den Kieferknochen. Auch die Oberfläche des Implantats könnte eine Rolle spielen: Je nach Struktur könnten sich unterschiedlich viele Partikel ablösen, ein Aspekt, der in zukünftigen Studien weiter untersucht werden soll. Was bedeutet das für Implantatpatienten? Zunächst einmal nichts Besorgniserregendes. Prof. Berglundh betont: „Titan ist ein bewährtes Material und gilt als sicher. Unsere Ergebnisse zeigen jedoch, dass wir die langfristige Verteilung und Wirkung der Mikropartikel besser verstehen müssen." Etwa fünf Prozent der erwachsenen Bevölkerung in Schweden tragen Zahnimplantate und möglicherweise auch Titanpartikel in ihrer Mundschleimhaut. Der unsichtbare Begleiter der modernen Implantologie rückt damit zunehmend in den Fokus der Forschung. DT

© Nurul – stock.adobe.com

Zur Studie

Quelle: ZWP online

Zukunftsfähige Zahnimplantate

Wie Material und Oberflächentechnologie die Osseointegration verbessern.

BASEL – Zahnverlust kann durch Traumata, Karies oder parodontale Erkrankungen entstehen und erfordert häufig eine implantologische Versorgung. Bei adäquater Pflege und ohne Risikofaktoren wie systemische Erkrankungen oder Nikotinkonsum können Implantate über viele Jahre funktionstüchtig bleiben.

Die biologischen Prozesse, die nach der Insertion im Kieferknochen ablaufen, sind jedoch noch nicht vollständig verstanden. Unklar ist insbesondere, wie Knochen- und Weichgewebe das Implantat integrieren und welche Materialeigenschaften eine langfristige Stabilität fördern.

Am Universitären Zentrum für Zahnmedizin Basel (UZB) untersuchen Dr. Géraldine Guex und Dr. Nadja Rohr, wie verschiedene Implantatmaterialien, Oberflächen und Beschichtungen die Zellreaktionen im oralen Milieu beeinflussen – mit dem Ziel, die Osseointegration und Langlebigkeit von Implantaten weiter zu verbessern.

© labden – stock.adobe.com

Keramik als Alternative

Ein zentrales Thema der Forschung ist Zirkoniumdioxid, die keramische Alternative zu Titan, aus dem derzeit rund 95 Prozent aller Implantate bestehen. Immer mehr Patienten wünschen sich jedoch metallfreie, ästhetisch unauffällige Lösungen. Das weiße Zirkoniumdioxid zeigt hier klare Vorteile, da es im periimplantären Bereich weniger sichtbar ist als graues Titan. Der Anteil keramischer Implantate liegt aktuell bei etwa fünf Prozent, mit steigender Tendenz. Dennoch sind viele Aspekte zu den biologischen und materialtechnischen Eigenschaften von Zirkoniumdioxid noch nicht abschließend geklärt, insbesondere im Hinblick auf Langzeitstabilität und Gewebeintegration. Die Forscherinnen wissen bereits, dass sich die Kristallstruktur von Zirkoniumdioxid unter Umständen verändern kann. „Wir analysieren, welchen Einfluss Temperatur, Feuchtigkeit oder Lagerung auf die Materialeigenschaften und auf das Zusammenspiel mit verschiedenen Zellen im Mund haben", sagt die Nanowissenschaftlerin Géraldine Guex.

Das Team von Nadja Rohr untersucht, wann und weshalb es zu diesen Strukturveränderungen kommt. Sie setzt dazu unter anderem einen Kausimulator ein, um die Bedingungen im Mund nachzuahmen. Darin können die Forschenden Temperaturen zwischen 5 und 55 °C einstellen: Das simuliert die Situation, wenn wir kalte oder heisse Getränke und Speisen zu uns nehmen.

Der Versuchsaufbau ahmt auch die Kaubewegung über mehrere Tage oder Wochen nach. Denn das untersuchte Material muss nicht nur verschiedene Temperaturen aushalten, sondern auch hohen Kaukräften widerstehen – durch die starke Kaumuskulatur müssen unsere Zähne Belastungen in der Größenordnung von 100 Kilogramm standhalten.

Beste Oberfläche gesucht

In einem aktuellen Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner und der Fachhochschule Nordwestschweiz untersuchen die Wissenschaftlerinnen die Eigenschaften von Zirkoniumdioxidproben. Das Rohmaterial stellt der Industriepartner zur Verfügung. Daraus fräst das Forschungsteam kleine Scheiben aus, poliert sie, behandelt sie gezielt mit Hitze und strukturiert so die Oberfläche im Nanometer-Maßstab.

Diese Methode soll aktuelle Herstellungsprozesse vereinfachen und dem Implantat möglichst gute Eigenschaften verleihen. Während Nadja Rohr dabei Parameter des Materials wie Festigkeit, Rauheit oder Härte der verschiedenen Zirkoniumscheiben analysiert, untersucht Géraldine Guex, wie Zellen aus dem Mund auf die unterschiedlich behandelten Oberflächen der Scheiben reagieren. „Wir suchen nach optimalen Bedingungen für anhaftende Zellen des Knochens und des Zahnfleischs, damit sich das Implantat schnell und sicher integrieren kann. Allerdings wollen wir es entzündungsauslösenden Bakterien möglichst schwer machen, sich auf den Implantaten niederzulassen", erklärt sie.

Erste Ergebnisse aus vorgängigen Forschungsprojekten zeigen, dass eine scheinbar glatte, aber mit vielen winzigen Strukturen versehene Oberfläche gegenüber einer rauen, mikrostrukturierten Oberfläche diese Anforderungen besser erfüllt.

> **Wir analysieren, welchen Einfluss Temperatur, Feuchtigkeit oder Lagerung auf die Materialeigenschaften und auf das Zusammenspiel mit verschiedenen Zellen im Mund haben.**

Um den Bedingungen im Mund noch näher zu kommen und besser beurteilen zu können, wie die Zellen auf unterschiedliche Materialien des Zahnersatzes reagieren, entwickelt Géraldine Guex zusammen mit einer Doktorandin des Swiss Nanoscience Institutes auch Methoden, Zellen in dreidimensionalen Konstrukten zu kultivieren.

„Wir betten hier die verschiedenen Zelltypen in ein fasriges Geflecht aus Polymeren ein und untersuchen, unter welchen Bedingungen sie wachsen oder sich differenzieren", beschreibt Géraldine Guex. Dies erlaube, die Zellphysiologie zu untersuchen und Reaktionen auf unterschiedliche Materialien unter verschiedenen Bedingungen besser zu verstehen. „Gegenüber den Tests mit isolierten Zelltypen auf zweidimensionalen Substraten hoffen wir, damit ein Bild zu erhalten, das die Realität im Mund deutlich besser widerspiegelt."

Für die Zukunft möchte sie mit ihrem Team anhand derartiger Modelle Behandlungsmethoden entwickeln, die auch für Patientinnen und Patienten mit eingeschränkter Wundheilung einen problemlosen Umgang mit Zahnimplantaten über viele Jahre hinweg ermöglichen. Denn aus welchen Gründen auch immer der ursprüngliche Zahn verloren ging, der Ersatz sollte im besten Fall ein Leben lang halten. DT

Quelle: UNI NOVA, Universität Basel
Autorin: Christel Möller, Swiss Nanoscience Institute, Universität Basel

Materialwissenschaft trifft Medizin

Warum Implantate versagen.

DÜBENDORF – Dank medizinischer Fortschritte leben Menschen immer länger und möchten bis ins hohe Alter gesund bleiben. Implantate und Prothesen ersetzen abgenutzte Zähne und Gelenke, lindern Schmerzen und steigern die Lebensqualität. Moderne Implantate sind hoch entwickelte Biomaterialien – trotzdem kommt es gelegentlich zu Implantatversagen, das für Patienten schwerwiegende Folgen haben kann.

Die Empa-Forscherin Martina Cihova untersucht deshalb das Verhalten von Implantaten im Körper, insbesondere auf mikroskopischer Ebene. Für ihr Projekt erhielt sie einen vierjährigen „Ambizione-Grant" des Schweizerischen Nationalfonds.

Viele Implantate, darunter Zahnimplantate, bestehen aus Titan. Dieses Metall ist leicht, stabil und biokompatibel – Eigenschaften, die auf eine sehr dünne Titanoxidschicht an der Oberfläche zurückzuführen sind. „Diese Passivschicht ist weniger als zehn Nanometer dick und wird in Forschung und Medizintechnik oft unterschätzt", erklärt Cihova.

Oberflächenbehandlungen wie Rauen, Lasermarkierungen, Farbcode oder 3D-Druck verändern diese Titanoxide. Solche Modifikationen sind sinnvoll für besseren Knochenkontakt oder patientenspezifische Anpassungen, doch es ist noch unzureichend erforscht, wie sie die Korrosionsbeständigkeit und die Interaktion mit dem Gewebe beeinflussen – ein zentrales Thema für die langfristige Stabilität von Zahnimplantaten.

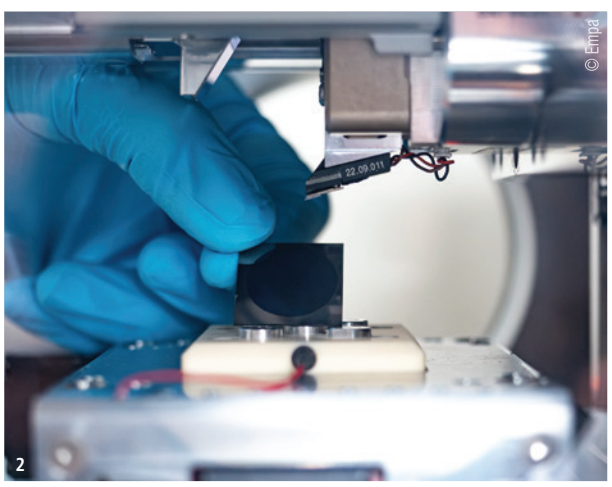
Forschung an der Grenze

Die Empa-Forscherin Cihova untersucht die Schnittstelle zwischen Implantatmaterialien und menschlichem Gewebe. Schon während ihres Studiums der Bioingenieurwissenschaften begeisterte sie sich für Materialwissenschaften und vertiefte dies in der Metallurgie. Heute verbindet sie diese Expertise gezielt, um die Biokompatibilität von Metallen und Metalloxiden zu verstehen.

„Biogrenzflächen sind hochkomplex", erklärt Cihova. Der menschliche Körper kann Implantate aktiv angreifen, etwa durch Immunreaktionen, die den pH-Wert lokal absenken und Korrosion fördern. Genau hier setzt die Forschung zur Biokorrosion an.

Titanoxid kann in unterschiedlichen kristallinen oder amorphen Formen vorliegen. Diese Varianten unterscheiden sich in ihren elektronischen und elektrochemischen Eigenschaften, was wiederum ihre Wechselwirkungen mit dem Gewebe beeinflusst – ein zentraler Aspekt für die Implantatstabilität.

1



2

Abb. 1: Empa-Forscherin Martina Cihova untersucht, wie der Körper die Oberfläche von Titanimplantaten angreifen kann. – **Abb. 2:** Die Grenzflächen der Implantate werden mittels elektrochemischer Methoden gepaart mit hochauflösender Elektronen- und Rasterkraftmikroskopie untersucht.

Komplexität kontrolliert steigern

Die Oberflächenbehandlung von Implantaten kann die Kristallformen der Oxide verändern, entweder am gesamten Implantat oder nur punktuell. Um die Auswirkungen insbesondere dieser lokalen Heterogenität auf die ohnehin komplexe Biogrenzfläche zu verstehen, braucht es ein strukturiertes Vorgehen. Zunächst stellen Cihova und ihr Team in Zusammenarbeit mit den Empa-Experten für Laserverarbeitung von Metallen in Thun Mustersubstrate mit unterschiedlich strukturierten Titanoxidschichten her, die in ihrer Heterogenität systematisch variieren. Diese Substrate werden dann sukzessive immer komplexeren Körperflüssigkeiten ausgesetzt, um die fundamentalen Zusammenhänge von Struktur, Eigenschaften und Reaktivität der Oxide zu untersuchen.

„Wir beginnen mit simulierten physiologischen Flüssigkeiten, die lediglich Wasser und Ionen enthalten", erklärt Cihova. In einem nächsten Schritt kommen Proteine hinzu, etwa das an der Immunantwort und der Wundheilung beteiligte Fibrinogen. Schließlich planen die Forschenden zu untersuchen, wie sich die Biogrenzfläche in Kontakt mit lebenden Makrophagen-Zellen – der „Polizei des Körpers" – verhält. Dafür arbeiten sie mit Empa-Forschenden in St. Gallen zusammen. „Ich freue mich sehr, dass wir für dieses Projekt Kolleginnen und Kollegen aller drei Empa-Standorte begeistern konnten", sagt Cihova. „Das ermöglicht es uns, solche komplexen Fragestellungen interdisziplinär anzugehen."

Bei jedem dieser Schritte werden die Grenzflächen untersucht, mittels elektrochemischer Methoden gepaart mit hochauflösender Elektronen- und Rasterkraftmikroskopie.

Die Empa-Forscherin hofft, dass die Erkenntnisse aus den nächsten Jahren zu sichereren und stabileren Implantaten führen. DT

Quelle: Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa
Autorin: Anna Ettlin

Bakterien schneller erkennen

Mini-Antikörper revolutionieren Diagnostik.

BERN – Die Entdeckung der Antibiotika im 20. Jahrhundert bedeutete für die Medizin eine Revolution und hat unzähligen Menschen das Leben gerettet. Doch schon bald stellte sich mit dem Auftreten dagegen resistenter Bakterien eine neue Herausforderung. Ein Schlüssel im Kampf gegen dieses beunruhigende Problem ist, herauszufinden, mit welchen Bakterien man es bei einer Infektion genau zu tun hat. Denn dies ermöglicht einen gezielten und wirksamen Einsatz von Antibiotika, was wiederum das Risiko senkt, dass sich neue Resistenzen entwickeln.

Mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) haben Forschende Moleküle entwickelt, die bestimmte Bakterien schneller als bisher erkennen. Die Ergebnisse wurden vor Kurzem in der Fachzeitschrift *Communications Biology*[1] veröffentlicht.

Bakterien entwickeln Resistenzen gegen Antibiotika schneller, als neue Wirkstoffe entstehen. Deshalb ist ein sorgfältiger Einsatz von Antibiotika entscheidend, um ihre Wirksamkeit zu bewahren. Dafür braucht es schnelle Diagnosen – doch herkömmliche Tests dauern oft über zwölf Stunden.

Das Forschungsteam von Biochemiker Markus Seeger arbeitet daran, diese Zeit zu halbieren. Mithilfe spezieller Färbemethoden sollen Bakterien direkt im Blut nachgewiesen werden, auch wenn sie nur in geringer Zahl vorhanden sind. So lässt sich das Vorhandensein bestimmter Erreger rascher bestätigen – ein großer Vorteil etwa bei Blutvergiftungen.

Für den gezielten Fang von *E. coli* mussten die Wissenschaftler zwei Hürden überwinden: eine geeignete Andockstelle am Bakterium finden und den dichten „Zuckerdschungel" um die Zellen überwinden.

Als „Angelhaken" dienen Miniatur-Antikörper, sogenannte Nanobodies. Sie sind klein genug, um zwischen den Zuckerketten hindurchzuschlüpfen, stabil und bleiben auch bei Raumtemperatur funktionsfähig – ein Vorteil für Lagerung und Transport. In Datenbanken identifizierte das Team das Protein OmpA als Ziel, das in über 90 Prozent der *E. coli*-Stämme vorkommt. Nanobodies wurden entwickelt, die diese Version spezifisch erkennen.

Um die Bakterien nicht nur sichtbar zu machen, sondern auch einzufangen, kombinierten die Forschenden die Nanobodies mit magnetischen Kügelchen durch eine molekulare „Leine". So entstand ein funktionierendes „Angelset", das *E. coli* markieren und isolieren kann. Das Tool wird bereits für Umweltanalysen genutzt und soll künftig auch in der klinischen Diagnostik zum Einsatz kommen. DT

[1] M. Sorgenfrei et al.: Rapid detection and capture of clinical Escherichia coli strains mediated by OmpA-targeting nanobodies. Communications Biology (2025).

Quelle: SNF

Implantat fühlt sich wie echter Zahn an

Neuentwicklung wächst direkt in den Kiefer und das Nervengeflecht hinein.

BOSTON – Statt einen Titanstift im Kiefer zu befestigen, auf den ein künstlicher Zahn gesetzt wird, wächst das „dritte Gebiss" der Zukunft dank Forschern der Tufts University in den Knochen hinein, sodass es sich anfühlt, als sei es echt. Erste Implantate dieser Art, die ohne sonderlichen operativen Aufwand eingepflanzt werden, haben Nagetiere bekommen. Versuche an Menschen sind geplant.

Sensorische Rückmeldung

„Natürliche Zähne sind über nervenreiches Weichgewebe mit dem Kieferknochen verbunden, das dabei hilft, Druck und Beschaffenheit wahrzunehmen und das Kauen und Sprechen zu steuern. Implantaten herkömmlicher Art fehlt diese sensorische Rückmeldung", so Entwickler Jake Jinkun Chen. Die neuen künstlichen Zähne ließen ein ebensolches Gefühl aufkommen.

Der biotechnisch hergestellte neue Zahn ist mit einer biologisch abbaubaren Beschichtung umhüllt. Diese enthält Stammzellen und ein spezielles Protein, das deren Vermehrung und Umwandlung in Nervengewebe unterstützt. Während sich die Beschichtung im Heilungsprozess auflöst, setzt sie die Stammzellen und das Protein frei und fördert so das Wachstum von neuem Nervengewebe um das Implantat herum.

Die Beschichtung enthält außerdem winzige, gummiartige Partikel. Diese sind komprimiert, sodass das Implantat beim Einsetzen kleiner ist als der fehlende Zahn. Ist es eingepflanzt, dehnt sich der Schaum sanft aus, bis das Implantat fest in der Alveole sitzt, der Vertiefung im Kieferknochen, in dem der natürliche Zahn saß. Das Implantat wächst hinein und verbindet sich mit den Nerven in dieser Höhle, sodass es sich wie ein echter Zahn anfühlt.

Stabilität nach sechs Wochen

Sechs Wochen nach der OP saßen die Implantate bei Ratten fest an ihrem Platz, ohne dass es Anzeichen einer Entzündung oder Abstoßung gab. „Die Bildgebung zeigte einen deutlichen Raum zwischen dem Implantat und dem Knochen, was darauf hindeutet, dass das Implantat durch das Weichgewebe integriert wurde und nicht wie bisher durch die feste Verbindung mit dem Knochen", sagt Chen. DT

Quelle: pressetext