

Biologisch stabile Materialien – Teil 2

Zahnimplantate stellen für den Patienten eine biologische „Fremdsituation“ dar, die grundsätzlich zu Fremdkörperreaktionen führt. „Insofern muss die Langzeitstabilität der Kontaktzone eines Implantates mit dem Knochen und der Mukosa so erreicht werden, dass das Therapeutikum so eingestellt ist, dass seine unphysiologischen Wirkungen und Nebenwirkungen auf den Organismus stets kleiner sein werden als dessen kompensatorische Potenz“ (Weißbuch Implantologie, BDIZ, 2000).

DR. DETLEV REPENNING/LÜBECK

Die Entwicklung des primären Biofilms von aeroben Mikroorganismen über die fakultativ anaeroben Bakterien bis hin zu den obligat anaeroben hat eine dramatische Änderung der chemischen und elektrochemischen Potentiale innerhalb des Plaquefilms zur Folge: Das Redoxpotential verschiebt sich von oxidativ ($E_{\text{misch}} \sim +300 \text{ mV vs NHE}$) des zunächst aeroben Bakterienfilms bis zu stark reduktiv ($E_{\text{misch}} \sim -300 \text{ mV vs NHE}$) in der komplexen Plaqueflora. Die Verschiebung ergibt sich maßgeblich aus der pO_2 -Absenkung und dem pCO_2 -Anstieg der Plaqueflora im inneren Bereich und durch die Bildung der teils reduktiv wirkenden Zucker, Aldehyde etc. Die entstehenden Säuren wie Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure reduzieren den pH auf Werte bis zu $\text{pH} > 4,2$. Nanoelektrochemische Untersuchungen (LUKOSCHUS, REPENNING, priv.com) weisen im direkten Kontakt zur Festkörperoberfläche auf noch niedrigere pH-Werte hin. Elektrochemisch muss bei den Begriffsdefinitionen darauf geachtet werden, dass die Eigenschaft reduktiv und oxidativ immer relativ zu den Reaktionspartnern zu sehen sind. So kann das Milieu reduktiv mit Bezug auf TiO_2 wirken, jedoch oxidativ in Bezug auf Ti. Der Sulkus stellt in der Entwicklung des Plaques ein eigenes mikrobielles Habitat dar. Im Gegensatz zur Mikroflora von Fissuren kann man hier mehr obligate Anaerobier finden, von denen viele gramnegativ sind. Es werden fast ausschließlich Spirochäten und anaerobe Streptokokken aus diesem Bereich isoliert. Entsprechend ist an diesem Standort mit elektrochemisch stark reduktiven Bedingungen (bezogen auf NHE) und niedrigem pH zu rechnen. Durch den bakteriellen Stoffwechsel in Plaque entstehen lokal begrenzte Gradienten von Faktoren, die das Wachstum von anderen Arten beeinflussen. Solche Gradienten führen zur Entstehung von vertikalen und lateralen Schich-

tungen innerhalb des Plaquebiofilms mit der Folge, dass Organismen mit ganz unterschiedlichen Ansprüchen wachsen. Hierbei entstehen sehr unterschiedliche Stoffwechselprodukte, die zu elektrochemischen Konzentrationsketten und Lokalelementbildung am Substratmaterial führen. Es resultieren für den Werkstoff des transgingivalen Teils aggressive chemische Bedingungen, die nicht mehr vergleichbar sind mit denjenigen im „gesunden“ knöchernen Lager des Implantats.

Die chemische Stabilität von Werkstoffen lassen sich aus den sog. Pourbaix-Diagrammen ablesen. Die Pourbaixdiagramme beschreiben die Stabilitätsgrenzen von Metallen und ihrer oxidischen Verbindungen in Abhängigkeit des pH und der elektrochemischen Potentiale. Sie berücksichtigen nicht komplex- und chelatbildende Moleküle, die die Korrosionsempfindlichkeit von Metallen erhöhen. Komplex- und Chelatbildner entstehen im Biofilm durch Proteinfragmentierung, durch Bildung organischer Säuren, Hydroxoverbindungen etc. Das Pourbaixdiagramm von Titan weist aus, dass bei den Bedingungen des „reduktiv“ wirkenden Plaquefilms der obligaten Anaerobier schwarze Titansuboxide entstehen können. STELZEL et al. finden in einer klinischen Untersuchungsreihe (4) auf vestibulär positionierten Titanprobekörpern bei 3 von 16 Probanden bereits nach 96 Stunden, nach 118 Stunden und 168 Stunden schwarze Titansuboxide, die teilweise als schwarze Knospen durch den 40 Mikrometer dicken mikrobiellen Biofilm durchwachsen. In Abbildung 4 erkennt man in der Aufsicht auf die Titanprobe eine große schwarze Titansuboxidknospe, die durch den Biofilm hindurchgewachsen ist. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen einen metallographischen Querschnitt an entsprechender Stelle. Die Suboxide haben sich tief und in zerlumpter Form

