

Matthias Seeling
Dr. med. dent.

Gesteuerte anodische Oxidation zur Farbkodierung verschiedener Durchmesser der Systembauteile des Frialit-2-Systems.

Geboren am 02.04.1968 in Mannheim
Reifeprüfung am 21.05.1987 in Mannheim
Studiengang der Fachrichtung Zahnmedizin vom SS 1988 bis SS 1994
Physikum am 24.09.1991 an der Universität Heidelberg
Klinisches Studium in Heidelberg
Staatsexamen am 24.08.1994 an der Universität Heidelberg
Promotinsfach: Mund-Zahn-Kieferheilkunde
Doktorvater: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Mühlhing

Die Implantologie ist fester Bestandteil zeitgemäßer zahnärztlicher Therapiekonzepte. Ihre Indikationsbereiche haben sich in den letzten Jahren erweitert und die Implantatsysteme an Modifizierung und Vielfalt zugenommen. Um so wichtiger ist die Möglichkeit eines rationellen Operations- und Arbeitsablaufes bei der implantologischen Versorgung.

Ziel dieser Arbeit war es ein Verfahren zu entwickeln, welches die Implantate, die Instrumente und Zubehörteile des Frialit-2-Systems durchgängig nach Implantatdurchmesser farbkodiert und so eine einfache Zuordnung und sichere Anwendung ermöglicht.

Von besonderem Interesse war dabei, daß die Farbkodierung weder die biokompatiblen Materialeigenschaften des Implantatwerkstoffes Titan, noch die Paßgenauigkeit der Implantatsysteme verändern durfte.

Außerdem sollten keine zusätzlichen Metalle wegen der Korrosionsgefahr in der Mundhöhle zur Farbkodierung eingesetzt werden und aus hygienischen Gründen keine zusätzlichen Spalträume und Schmutznischen geschaffen werden.

Deshalb wurde erstmalig zur Farbkodierung von Implantatsystemen die gesteuerte anodische Oxidation der Titanoberflächen eingesetzt.

Bei dieser anodischen Oxidation wird durch Anlegen einer Spannung in einem elektrolytischen Bad eine definierte Titanoxidschicht erzeugt. Über die Variation der angelegten Spannung lassen sich definierte Oxidschichten erreichen, die dann durch Interferenz in der gewünschten Farbe auf der Oberfläche erscheinen. Somit wird eine optische Unterscheidung verschiedener Durchmesser der Titanbauteile des Implantatsystems ohne Einlagerung zusätzlicher Farbkörper gewährleistet.

Vor der anodischen Oxidation müssen die Titanbauteile gereinigt und gebeizt werden, um eine gleichmäßige Farbgebung zu erzielen.

Verschiedene Untersuchungen zur anodisch oxidierten Schicht wurden durchgeführt:

1. Die mikrostrukturelle Oberflächenbeschaffenheit der Titanbauteile, bzw. deren Veränderung durch Beizung und anodische Oxidation wurde durch quantitative

Rauheitsmessungen mittels eines Surface-Analysers bestimmt. Sie ergaben eine vergrößerte Oberflächenrauigkeit durch die Farbkodierung. Diese ist jedoch nicht nachteilig für die Systemanwendung, da gleichzeitig die Dicke der Oxidschicht zunimmt, und dies bewiesenermaßen eine Verminderung der Plaqueanlagerung bewirkt.

2. Die Dimensions- und Kantenstabilität wurde mit einer Digimatic-Meßschraube vermessen. Es zeigten sich keine signifikanten Veränderungen durch die Farbkodierung.
3. Die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen der Oberflächentopographie zeigen einen feinen Oxidschichtüberzug mit Microporen $< 0,1 \mu\text{m}$. Es gibt keinen Anhalt für eine Beeinträchtigung der Materialeigenschaften.
4. Zur chemischen Charakterisierung der erzeugten Titanoxidschicht wurden eine energiedispersive Röntgen-Mikroanalyse (EDX), eine Sekundärionen-Massenspektroskopie (SNMS/SIMS), sowie eine Glimmentladungs-Spektroskopie (GDOS) vom Cremer Forschungsinstitut [CFI], (Rödental) durchgeführt. Dies ergab eine Schichtdicke der Oxidschicht in Abhängigkeit von der Dicke (= Farbe) von 200-400nm und eine Zusammensetzung der Oxidschicht aus den Elementen Titan, Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor. Das Tiefenprofil der Oxidschicht zeigt ihren Aufbau als Duplexschicht. Das Stöchiometrieverhältnis dieser Schicht läßt sich in erster Näherung als TiO_2 angeben. Es finden sich bei der mikrochemischen Charakterisierung keine Anhalte für eine Verschlechterung der Materialeigenschaften des Titans hinsichtlich der Gewebsverträglichkeit.
5. Abschließend erfolgten in-vitro Untersuchungen zur Mundbeständigkeit. Untersucht wurde hierbei der Einfluß von mechanischen Plaqueinhibitoren mittels elektrischer Zahnbürste und elektrisch vermitteltem Zahnseiden-Abrieb. Es waren an der farbkodierten Oberfläche keine mechanischen Abnutzungserscheinungen festzustellen. Die Beständigkeit der Oxidschicht gegenüber chemischen Plaqueinhibitoren und entzündungshemmenden Medikamenten ist nach den in-vitro Ergebnissen ebenfalls gewährleistet. Die Sterilisation hat keinen negativen Einfluß auf die Oxidschicht.

Zusammenfassend lassen sich die Untersuchungsergebnisse wie folgt interpretieren:

Das entwickelte Verfahren zur anodischen Oxidation von Titanoberflächen ist zur Farbkodierung von Implantatsystemen geeignet.

Die anodische Oxidation verändert die biokompatiblen Materialeigenschaften des Titans nicht. Auch die Oberflächenbeschaffenheit, die Dimensions- und Kantenstabilität, sowie die Oberflächentopographie anodisch oxidierten Titanbauteile sind nicht nachteilig verändert. EDX-, SMNS- und GDOS-Analysen ergeben keine negativen Veränderungen der Titanbauteile zur Anwendung im Implantatsystem.

Die in-vitro Untersuchungen der anodisch oxidierten Schicht lassen keine Bedenken hinsichtlich der Mundbeständigkeit aufkommen, auch die Plaqueaffinität ist unverändert. Langzeitstudien über den klinischen Einsatz müssen erfolgen um die Mundbeständigkeit abschließend beurteilen zu können.