

Dauerhafte Periintegration® – Vermeidung und Therapie von Periimplantitis

Zirkoniumnitrid als neuer Werkstoff der dentalen Implantologie

Dr. Hans-Dieter John/Düsseldorf

■ *Verbesserte Weichgewebeanheftung und Vermeidung von Plaqueakkumulation:* Die Akkumulation von Bakterien auf der Oberfläche von Titanimplantaten hat einen großen Einfluss auf den Heilungs- und den Langzeiterfolg von Zahnimplantaten.¹ Bereits seit Jahren gilt als gesichertes Erkenntnis,² dass pathogene Mikroorganismen bzw. Markerkeime in der Plaque verantwortlich für die Entstehung einer gingivalen Entzündung sind. Dies gilt sowohl für die primäre Einheilzeit als auch den Langzeiterfolg von Implantaten. Entzündungen des Weichgewebes sind die Hauptursache für Spätkomplikationen der implantologischen Versorgung bis hin zum Knochen- und Implantatverlust bei Periimplantitis. Nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen ist zu erwarten, dass nach 9 bis 14 Jahren mindestens 16 % der (nicht entsprechend durch regelmäßige Nachsorge versorgten Implantate) Patienten Periimplantitis aufweisen.³

Die Kontaktstelle Implantat-Alveole verfügt im Unterschied zum natürlichen Zahnhalteapparat über kein Desmodont, was zu einem direkten Knochen-Implantat-Verbund (Bone-Implant-Contact) führt. Während das Problem der dauerhaften Verankerung enossaler Implantate im Knochen (Osseointegration) weitgehend gelöst erscheint,⁴ stellt die Verbesserung der Weichgewebeanlagerung im transmukosalen Teil des Implantatkörpers einen wesentlichen Aspekt heutiger implantologischer Forschung dar.⁵ Insbesondere die freie und befestigte Gingiva (Attached Gingiva), der Epithelansatz, das Saumepithel und das parodontale Ligament stehen hierbei im Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen. Das Zahnfleisch, indem es mit der Implantatschulter (transgingivale Versorgung) bzw. Abutmentschulter (subgingivale Versorgung) durch den Epithelansatz verbunden ist, bewirkt eine wirkungsvolle Abschottung des Körpers gegen Mikroorganismen (bakteriendichter Verschluss). Wie auch am natürlichen Zahn führt jedoch eine Plaqueakkumulation am Implantat zu einer entzündlichen Antwort des Weichgewebes, zu einer Mukositis. Lösen die entzündlichen Prozesse den Attachmentapparat, entsteht auch hier eine Tasche, die Keime dringen in die Tiefe und provozieren, da die Protektion des Desmodontes fehlt, eine direkte Entzündung des Knochens, die Periimplantitis.⁶

Zirkoniumnitrid mit besseren Werten für die Weichgewebeerträglichkeit, der Reduktion der Plaquebildung und werkstofflichen Materialeigenschaften wie Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Errosionsschutz etc.: Material und Oberflächenbeschaffenheit sind wesentliche Aspekte für die Verbesserung der

Weichgewebeanlagerung im transmukosalen Anteil des Implantatkörpers. Eigene Forschungsprojekte haben zur Erkenntnis geführt, dass Zirkoniumnitrid (ZrN) bessere Werte ausweist als poliertes Reintitan oder Zirkoniumoxid für die Weichgewebeanlagerung und die Vermeidung von Plaqueakkumulation. Zirkoniumnitrid ist für die dentale Implantologie noch wenig erforscht – in der Medizintechnik ist dieses Material jedoch aufgrund seiner Härte, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Errosionsschutz und Biokompatibilität bereits seit Jahren sehr geschätzt, wie zum Beispiel für chirurgische Werkzeuge oder in Anwendungen zur Beschichtung von Hüftimplantaten zur Erhöhung des Verschleißschutzes. Zirkoniumoxid, welches als Werkstoff in der Medizintechnik eine verstärkte Aufmerksamkeit z.B. durch weiße Zirkoniumabutments für die dentale Implantologie erfahren hat, weist gegenüber Zirkoniumnitrid den Nachteil einer relativ opaken Beschaffenheit auf (heutige Kronen und Brückenwerkstoffe haben eher das Problem einer zu großen Lichtdurchlässigkeit, wenn z.B. Titanpfosten im Inneren Verwendung finden und diese somit sichtbar grau durchschimmern). Im Anwendungsfeld gesinterter Vollkeramikrestorationen wird diese opake Beschaffenheit durch die Verblendung mit silikatkeramischen Massen aufgehoben – dies führt zu aufwendigen Herstellungsverfahren. Als weiterer Nachteil ist zu sehen, dass Zirkoniumoxid-Abutments im Inneren aus einem (Stahl-)Metallstift, auf welchen die Keramikform geklebt wird, bestehen. Bei okklusaler Langzeitbelastung führt dies zu einem erhöhten Risikofaktor in Bezug auf die Bruchsicherheit ästhetischer Zahnimplantate.

Zur Vermeidung der Nachteile des Klebeverbunds und zur Vereinfachung des Herstellverfahrens gesinterter Vollkeramiken ist es Clinical House Europe GmbH gelungen, innovative Beschichtungsverfahren aus dem Aerospace-Bereich, der Medizintechnik und der dentalen Hartstoffbeschichtung auf die dentale Implantologie unter Verwendung von Zirkoniumnitrid zu erforschen und erfolgreich anzuwenden. Hartstoff-Beschichtungsverfahren sind im Gegenzug zu Pressverfahren der gesinterten Vollkeramik attraktiv, da bereits Schichtdicken im Mikrometerbereich dem Titankernmaterial an der Oberfläche die chemischen Eigenschaften des Schichtmaterials verleihen. Aktuelle Studien belegen, dass bei vergleichbaren Oberflächentexturen Zirkoniumnitrid in Bezug auf die beiden wissenschaftlichen Parameter „Zelladhäsion“ und „Markerkeime/Plaqueakkumulation“ wesentlich besser abschneidet als poliertes Titan.

Optimierung der Periimplantitis-Therapie durch Verbesserung der Gingiva-Fibroblasten Re-Besiedlung nach Entfernung der Plaque

Im Rahmen der Periimplantitis-Therapie werden unterschiedliche Methoden der Reinigung der kontaminierten Abutment- bzw. Implantathalsregion eingesetzt. Verschiedene Untersuchungen zur Therapie der periimplantären Mukositis und Periimplantitis vergleichen die erzielbaren Effekte durch den Einsatz der gängigsten Therapiemethoden (Ultraschall, Kunststoffkürette, Er:YAG-Laser etc). Unter anderem fällt der Behandlung und Dekontamination mit dem Er:YAG-Laser Verfahren eine wachsende Bedeutung zu, vor diesem Hintergrund wurde eine In-vitro-Simulation unterschiedlicher Implantat-(Abument-)Oberflächen initiiert, um das Verhalten der Gingivafibroblasten nach der Dekontamination bzw. Reinigung und Rebesiedlung der Oberflächen vergleichend zu untersuchen (Becker, Schwarz, Hertel). Basierend auf den Studienergebnissen der Gruppe um Ross-Jansacker kann mit einem regelmäßigen Auftreten einer Periimplantitis gerechnet werden, sodass zukünftig die Behandlung von periimplantären Defekten eine wachsende Rolle zuteil wird. Die folgende Abbildung zeigt deutlich, dass das Zirkonnitrid eine deutlich bessere Gingiva-Fibroblasten Re-Besiedlung ermöglicht (ATP-Gehalt). In der folgenden Abbildung 1 ist das Ergebnis der Re-Besiedlung der dekontaminierten und zuvor mit oraler Plaque besiedelten Oberflächen dargestellt. Verglichen mit der Kontrolle (Anheftung der Gingivazellen auf der Polystyrol-Oberfläche) ist die höchste Zellproliferation auf der Zirkonnitrid-Oberfläche zu verzeichnen, gefolgt von Titanoxid, Zirkonnitrid MAT und Rein-Titan, sodass sich für die Anheftung der Gingiva-Fibroblasten auf den von Plaque gereinigten Oberflächen folgende Reihenfolge ergibt:

Zirkonnitrid → Titanoxid → Zirkonnitrid MAT → Reintitan

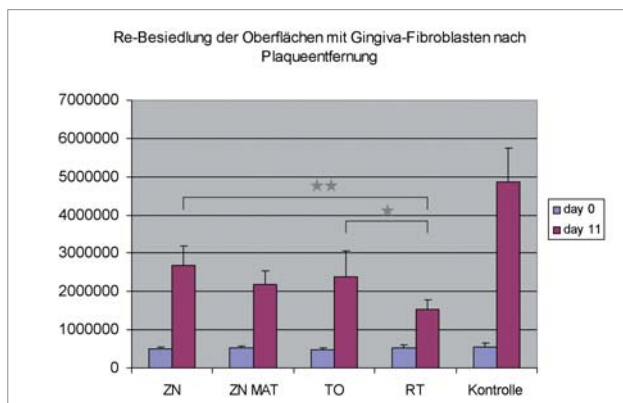


Abb.1: Re-Besiedlung verschiedener Oberflächen nach Biofilmentfernung.
 ★ Signifikanzen $p < 0,05$ (gepaarter T-Test).
 ★★ $p = 0,005$, da $< 0,01$ also hochsignifikant

In Abbildung 1 ist die Zellproliferation an den verschiedenen Oberflächen ohne Plaqueakkumulation bzw. mit Biofilmanlagerung und -entfernung gegenübergestellt. Es ist offensichtlich, dass die Anheftung der Gingiva-Fibroblasten auf allen zuvor mit plaquebesiedelten Oberflächen im Vergleich zu den unbesiedelten Oberflächen deutlich reduziert ist, wie an dem erhöhten ATP-Gehalt der Zellen der

jeweiligen Oberfläche ohne Biofilm zu erkennen ist. Signifikanzen mit $p < 0,05$ ergeben sich hierbei für Reintitan, Zirkonnitrid und Titanoxid (gepaarter T-Test).

Hervorzuheben ist die deutlich bessere Re-Besiedlung von Zirkonnitrid im Vergleich zu maschinierem Titan. In den Abbildungen 2a bis 6b ist die Anhaftung der Gingiva-Fibroblasten auf den verschiedenen Oberflächen dargestellt. Auf allen Oberflächen ist eine sehr gute Zellanheftung zu erkennen. Die Zellen sind ausgestreckt und zeigen viele, fest an der Oberfläche angelagerte Filopodien.

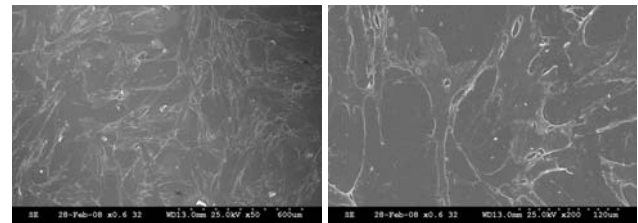


Abb. 2a und 2b: ZN ohne Plaque.

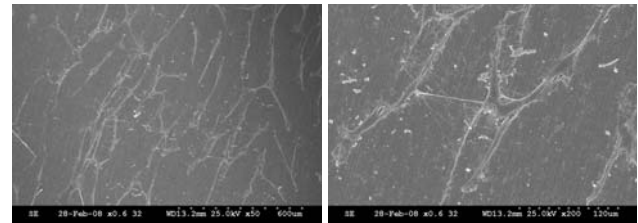


Abb. 3a und 3b: ZN matt ohne Plaque.

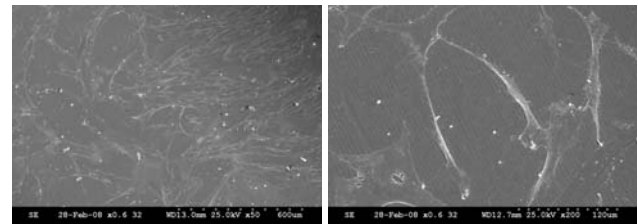


Abb. 4a und 4b: TO ohne Plaque.

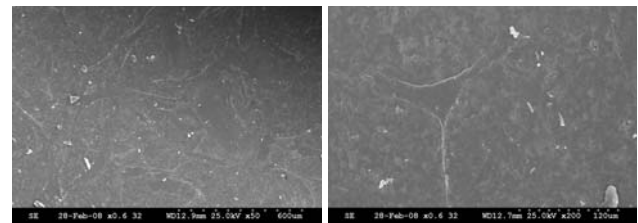


Abb. 5a und 5b: RT ohne Plaque.

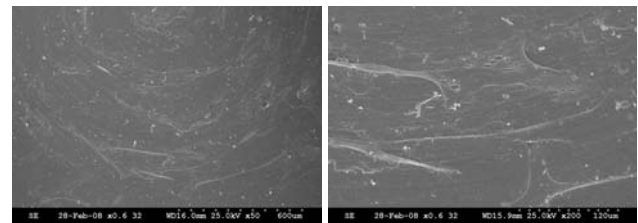


Abb. 6a und 6b: RT mit Plaque.

Schlussfolgerung

Der Einsatz von Zirkonnitrid als Beschichtungsmaterial im Bereich der Abutment- bzw. zervikalen Halsregion scheint die Periimplantitis-Therapie günstig zu beeinflus-

sen zu können. Neben den deutlich besseren mechanischen Eigenschaften in den Bereichen Härte, Abriebfestigkeit und Verschleißbeständigkeit von Zirkonnitrid bietet die neue Oberflächentechnologie die biologischen günstigeren Voraussetzungen für eine erfolgreiche Periimplantitis-Therapie im Vergleich zu den Standard Titan (polierten) Oberflächen. Der nachfolgende Literatur-Review gibt einen Überblick über Zirkoniumnitrid als Hartstoffschicht zur Erreichung einer bestmöglichen nachhaltigen Weichgewebeverträglichkeit zur Vermeidung von Entzündungsherden am Implantatthals. ■

Literatur

- 1 Größner-Schreiber B, Griepentrog M, Hausteil I, Müller WD, Lange KP, Briedigkeit H, Göbel UB. Plaque formation on surface modified dental implants. An in vitro study Clin. Oral Impl. Res. 12, 2001; 543–551, S. 549
- 2 Flores-de-Jacoby L.: Einfluss der oralen Mikroflora auf das Parodont, in: Flores-de-Jacoby L. (Hrsg.): Möglichkeiten der Plaque- und Gingivitisprävention, Quintessenz-Verlag, Berlin et al. 1990
- 3 Roos-Jansäker, A.-M. Long Time Follow Up of Implant Therapy and Treatment of Peri-Implantitis.
- 4 Wachtel, J. Implantatverlust durch Periimplantitis – eine Definition zu Periointegration, Konsensuspaper AP Academy of Periointegration, <http://www.ap-foundation.ch/periointegration.html>, Zugriff 01/2008.
- 5 Schwarz F., Becker J. Periimplantäre Entzündungen: Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und aktuelle Therapiekonzepte, Quintessenz-Verlag, Berlin et al. 2007, S. 26-27.
- 6 Maneerat, J. Vergleichende mikrobiologische Untersuchungen der subgingivalen Plaque bei Periimplantitis und Parodontitis unter Verwendung von Immunfluoreszenz und In-Situ-Hybridisierung, Dissertation der Universität Medizinische Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau 1994, S. 11.
- 7 Fischer T. Vergleich der marginalen und internen Passung von drei verschiedenen Zirkondioxid-Systemen anhand dreigliedriger Brückengerüste, Dissertation der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität zu München, URL: http://zirkoniumdioxid.de/fileadmin/user_upload/pdfs/diss_gesamt_lowquality.pdf, Zugriff 10/2007.

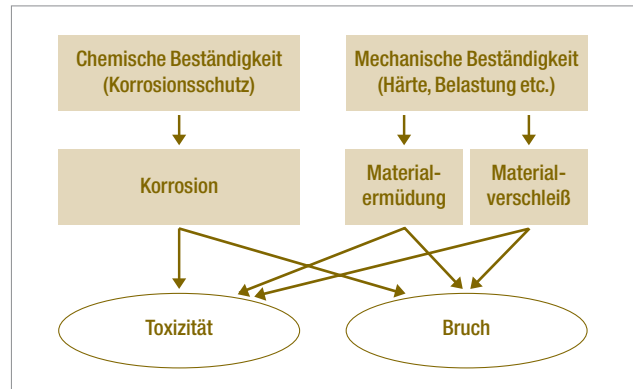
Die nachfolgende State-of-the Art gibt einen Überblick über Zirkoniumnitrid als Hartstoffschicht zur Erreichung einer bestmöglichen nachhaltigen Weichgewebeverträglichkeit zur Vermeidung von Entzündungsherden am Implantatthals.

State-of-the Art Zirkoniumnitrid

Werkstoffkundliche Untersuchungen zu Zirkoniumnitrid in der dentalen Implantologie

Nachweis der verbesserten Zelladhäsion, Vermeidung von Plaqueakkumulation und verbessertem Schutz bei Laserbehandlung bei ZrN-Beschichtung

- Clinical House Europe GmbH: Cytotoxicity Investigations on Zirkoniumnitride, In-vitro-study following DIN EN ISO 10993-1: 2003 „Evaluation and testing“, DIN EN ISO 10993-5: 1999 „Tests for in vitro cytotoxicity“, DIN EN ISO 10993-8: 2001 „Selection and qualification of reference materials for biological tests“, DIN EN ISO 10993-12: 2005 „Sample preparation and reference materials“, 2007.
- Clinical House Europe GmbH: Cytotoxicity Investigations on Zirkoniumnitride, In-vitro-study of the Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und Aufnahme, Düsseldorf, Chair of Prof. Dr. J. Becker, 2007.
- B. Grössner-Schreiber, M. Herzog, J. Hedderich, A. Dück, M. Hannig, M. Griepentrog: Focal adhesion contact formation



- by fibroblasts cultured on surface modified dental implants: an in vitro study. Clin. Oral Impl. Res. 17, 2006; 736–745.
- B. Grössner-Schreiber, M. Griepentrog, I. Hausteil, W.D. Müller, K.P. Lange, H. Briedigkeit, U.B. Göbel: Plaque formation on surface modified dental implants. An In-vitro-study, Clin. Oral Impl. Res. 12, 2001; 543–551.

Nachweis der verbesserten Materialeigenschaften von ZrN als Oberfläche von Zahnimplantaten (Korrosionsschutz, Verschleißbeständigkeit, Härte etc.)

- Clinical House Europe GmbH: Material characteristic of zirconiumnitrid coated implants. Technical study of coating thickness, Vicker hardness test and mechanical wear testing in accordance to VDI 3827, DIN EN ISO 14577, 2007.
- H.C. Choe, W. Brantley: Effects of multi-layered TiN/ZrN/tooth-ash composite coatings on the surface characteristics of Ti-(Nb, Zr, Ta, Hf) dental implant alloys with low elastic modulus; Advanced Materials Research Vols. 26–28, 2007, 825–828.
- H.C. Choe, C.H. Chung, W. Brantley: Mechanical Surface Behavior of ZrN and TiN Coated Dental Screw by Ion-Plating Method Key Engineering Materials Vols. 345–346, 2007, 1201–1204.

“The total corrosion characteristics was such that the ones coated with ZrN showed the most excellent corrosion characteristics and we can see that a stable and thin film gets from with the reduction of current density.”

- Y.H. Jeong, H.C. Choe, Su-Jung Park and Yeong-Mu Ko: Electro-chemical properties of TiN and ZrN coated Ti-Hf Alloy, Advanced Materials Research Vols. 26–28, 2007, 813–816.
- J.H. Jeong, D.-J. Oh, H.-J. Kim, K.-S. Kay: Mechanical properties of TiN, ZrN, WC coated film on titanium, Materials & Implant Prosthodontics, June 2006.
- H.C. Choe, J.J. Park, Y.-M. Ko, S.J. Park: Electrochemical Behavior of TiN/ZrN Coated Ti-13Nb-13Zr Alloy by RF-sputtering, Dental Materials VII 3, 2006.

“In conclusion it is possible to affirm that excellent corrosion resistance of TiN and ZrN coated Ti-13Nb-13Zr alloy make safe the use of dental products.”

- E. Budke, J. Krempel-Hesse, H. Maidhof, H. Schussler: Surf. Coat. Tech Vol 112, 1999, 108.

Nachweis der verbesserten Bruchsicherheit von ZrN-beschichteten Zentralschrauben/Vermeidung von Lockerungen und Plaqueansammlungen durch defekte Zentralschrauben

- H.C. Choe, C.H. Chung and William Brantle Mechanical Surface Behavior of ZrN and TiN Coated Dental Screw by Ion-Plating Method, Key Engineering Materials Vols. 345–346, 2007, 1201–1204.
- J.A. Hendry, R.M. Pilliar: The fretting corrosion resistance of PVD surface-modified orthopedic implant alloys, J Biomed Mater Res. 2001; 58(2): 156–66.

Nachweis der verbesserten Materialeigenschaften von ZrN-Hartstoffschichten (PVD-Verfahren)

- E. Uhlmann, T. Hühns, S. Richarz, W. Reimers, S. Grigoriev: Advances in Science and Technology Vol. 45, 2006, 1155–1162
- E. Atar, H. Çimenoglu, E. S. Kayali: Fretting Wear of ZrN and Zr(21% Hf)N Coatings, Key Engineering Materials Vols. 264–268, 2004, 477–480.
- G. Abadiasa: Stress and preferred orientation in nitride-based PVD coatings, J. surfcoat. 2007

State-of-the-Art Ursachen für gingivale Entzündungen/Plaqueakkumulation

Biofilm/Markerkeime als Ursache für gingivale Entzündungen

- F. Schwarz, J. Becker: Periimplantäre Entzündungen: Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und aktuelle Therapiekonzepte, Quintessenz-Verlag: Berlin 2007, S. 42ff.

„Es besteht eine direkte Korrelation zwischen der Oberflächenrauigkeit und den klinischen Entzündungsparametern im Bereich des marginalen Parodontiums.“

- N.J. Pongnarisor, E. Gemmell E, A.E.S. Tan, P.J. Henry, R.I. Marshall, G.J. Seymour: Inflammation associated with implants with different surface types. Clin. Oral Impl. Res. 18, 2007, 114–125.

Nachweis, dass Plaqueakkumulation und die Markerkeime in Biofilmen Ursache gingivaler Entzündungen sind.

- W. Heuer, C. Elter, A. Demling, A. Neumann, M. Hannig, T. Heidenblut, F.W. Bach, M. Stiesch-Scholz: Analysis of early biofilm formation on oral implants in man, Journal of Oral Rehabilitation 2007, 34; 377–382.

Bestätigung der Vermutung, dass eine verbesserte Zelladhäsion am transmukosalen Teil des Implantatkörpers das Risiko anaerober Taschenbildung mindert.

- R. M. Meffert: Periodontitis vs. peri-implantitis: the same disease? The same treatment? Crit. Rev. Oral Biol. Med. 7, 1996, 278–291.

- S. E. Soehren: Similarities between the development and treatment of plaque-induced peri-implantitis and periodontitis. J. Mich. Dent. Assoc. 78, 1996, 32–36.
- A. Mombelli: Etiology, diagnosis, and treatment considerations in peri-implantitis, Curr. Opin. Periodontol. 4, 1997, 127–136.
- M. Augthun, G. Conrads: Microbial findings of deep peri-implant bone defects, Int. J. Oral. Maxillofac. Implants. 12, 1997, 106–112.
- T. Berglundh, J. Lindhe, C. Marinello et al.: Soft tissue reaction to de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dog. Clin. Oral Implants. Res. 3, 1992, 1–8.

Verbesserte Zelladhäsion allg. von Zirkonium gegenüber poliertem Titan

- L. Rimondini, L. Cerroni, A. Carrassi, P. Torricelli: Bacterial Colonization of Zirconia Ceramic Surfaces: An In Vitro and In Vivo Study, The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants 793.

Relevanz der Oberflächenbeschaffenheit (Rauigkeit, Energie, chemische Beschaffenheit) zur Vermeidung von Plaqueakkumulation im transmukosalen Bereich

- W. Teughels, N. Van Assche, I. Sliepen, M. Quirynen: Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development, Clin. Oral Impl. Res. 17 (Suppl.2), 2006, 68–81.

Referenzwert: Oberflächen-Rauigkeit größer als 0,2 µm und energiefreie Oberflächen steigern die Biofilm-Formation.

- B. Klinge, J. Meyle, Soft-tissue integration of implants. Consensus report of Working Group 2, Clin. Oral Impl. Res. 17 (Suppl. 2), 2006; 93–96.

“Randomized controlled clinical trial (RCT) studies are needed to examine the relative impact of surface characteristics (identifying properly roughness, surface-free energy and surface chemistry) of the transmucosal part of the implants on the subgingival plaque formation.” (S.93)

- E. Rompen, O. Domken, M. Degidi, A.E.F. Pontes, A. Piatelli, The effect of material characteristics, of surface topography and of implant components and connections on soft tissue integration: a literature review. Clin. Oral Impl. Res. 17 (Suppl. 2), 2006; 55–67.

Ein Forschungsprojekt der Academy of Periointegration.

■ KONTAKT

Dr. Hans-Dieter John

Grabenstraße 5
40213 Düsseldorf
E-Mail: info@john-chanteaux.de