

Die Bedeutung der Implantatoberflächen

Bereits in *pip* 6/2018 wurde die Bedeutung der Implantatoberfläche u. a. für die Osseointegration vorgestellt. Zum damaligen Zeitpunkt wurde festgestellt, dass die zur Verfügung stehende Studienliteratur mehrheitlich aus der Grundlagenforschung kommt und vornehmlich aus *In vitro*-Untersuchungen und tierexperimentellen Studien besteht. Die meisten zu diesem Thema vorliegenden systematischen Übersichtsarbeiten basieren daher hauptsächlich auf diesen beiden Studientypen. Fast sechs Jahre später hat sich – trotz einer Vielzahl an Publikationen – an der Studienlage wenig geändert. Die vorliegende Literatursammlung präsentiert in der Hauptsache systematische Übersichtsarbeiten, welche den aktuellen Wissensstand zur Bedeutung der Implantatoberfläche vorwiegend auf der Datenbasis präklinischer Studien wiedergeben. Die Studien wurden in der großen Mehrzahl mit Implantaten oder Prüfkörpern aus Titan im *In vitro*- oder Tiermodell durchgeführt. Einige wenige erfolgten mit Implantaten aus Zirkonoxid. Oberflächenmodifikationen, die häufig auch als Biofunktionalisierung oder Funktionalisierung bezeichnet werden, haben die primären Zielsetzungen, die Biokompatibilität von Dentalimplantaten – insbesondere des inertesten Werkstoffs Titan – zu verbessern, indem durch die Schaffung hydrophiler Oberflächeneigenschaften die Zelladhäsion angeregt wird. Allgemein wird bei der Oberflächenbearbeitung nach ablativen, additiven und chemischen Verfahren, Bestrahlungen, Plasmabehandlungen und Beschichtungen unterschieden. Bei den ablativen und additiven Verfahren wird u. a. die Oberflächenrauigkeit gesteuert, welche die Zelladhäsion fördern und gleichzeitig einer Plaqueanlagerung entgegenwirken soll. In einem systematischen Review konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen glatten und rauen Oberflächen in Bezug auf die Plaqueaffinität beobachtet werden [Scheeren Brum, et al., 2021]. Zwischen Implantaten mit sandgestrahlten, säuregeätzten und zusätzlich photofunktionalisierten und somit hydrophilen Oberflächen konnten im Vergleich zu nur gesandstrahlten, säuregeätzten (SLA) Oberflächen in einer RCT keine Unterschiede in der Primär- und Sekundärstabilität beobachtet werden [Barbosa, et al., 2021]. Auch in einer weiteren Übersichtsarbeit konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen beiden Oberflächenarten sowohl in Bezug auf die Implantatstabilität als auch bei den Überlebensraten ermittelt werden [Almassri, et al., 2020]. Wurde hingegen die SLA-Oberfläche mittels additiver Verfahren mit Kalzium angereichert, führte dies in den ersten vier Wochen nach Implantatinsertion – und somit bereits in der frühen Einheilphase – zu einem signifikant erhöhten BIC (Knochen-Implantat-Kontakt) im Vergleich zu einfachen SLA- und maschinieren Oberflächen. Nach sechs Wochen waren in den beiden SLA-Gruppen keine Unterschiede mehr messbar, während der BIC in der Gruppe mit maschinierter Oberfläche signifikant geringer war [Makary, et al., 2023]. Hydrophile SLA-Oberflächen, herstellerseitig auch als SLActive-Oberflächen bezeichnet, hatten im *In vitro*-Experiment im Vergleich zu SLA-Oberflächen

einen signifikanten Einfluss auf die Differenzierung von antiinflammatorisch wirksamen M2-Makrophagen. Sie konnten somit die Immunantwort des Wirtes positiv beeinflussen, wie ein weiterer systematischer Review ergab [Donohoe, et al., 2023]. Im Bereich des Implantathalses führt eine maschinierete Oberfläche zu einem signifikant schlechteren krestalen Knochenhalt und zu signifikant erhöhten Sondierungstiefen im Vergleich zu laserstrukturierten Oberflächen [Huraib, et al., 2023, Koodaryan und Hafezeqoran, 2021]. Interessanterweise jedoch zeigten maschinierete Implantatoberflächen bei einer Ligatur-induzierten Periimplantitis in tierexperimentellen Studien geringere Knochenverluste im Vergleich zu anderen Implantatoberflächen [Garaicoa-Pazmino, et al., 2021]. Bei Oberflächenbeschichtungen mit Trikalziumphosphat oder Hydroxylapatit konnten im Tierexperiment keine Unterschiede auf den BIC zu konventionellen unbeschichteten Implantaten mit rauer Oberfläche beobachtet werden [Damerau, et al., 2022, López-Valverde, et al., 2021a]. In einer anderen Übersichtsarbeit gingen die Autoren im Gegensatz dazu von einer signifikant besseren Osseointegration von Hydroxylapatit-beschichteten Titanimplantaten aus [Neto, et al., 2023]. Bone Morphogenetic Protein (BMP) soll sich am Besten als Beschichtung eignen, um die Osseointegration von Implantaten in den frühen Einheilphasen zu fördern [López-Valverde, et al., 2022]. Chitosan ist ein natürliches Polysaccharid, das aus den Schalen von Krustentieren gewonnen wird. Dem Material wird eine verbesserte Osseointegration von Titanimplantaten nach Funktionalisierung nachgesagt [López-Valverde, et al., 2021b]. Beschichtungen von Titanimplantatoberflächen mittels Bisphosphonate können positive Auswirkungen auf das *In vitro*-osteogene Verhalten von Osteoblasten haben [Wehner, et al., 2020]. Magnesiumhaltige (Mg) Beschichtungen fördern offensichtlich die Zelladhäsion und die osteogene Differenzierung. Dies wird auf die größere Oberflächenrauigkeit durch den Zusatz von Mg-haltigen Beschichtungen zurückgeführt, was sich vermutlich positiv auf die Osseointegration des Implantats auswirkt [Wang, et al., 2020]. Offensichtlich führen bestimmte Oberflächenbeschichtungen, die Porengrößen von > 700 Mikrometern enthalten, zu einer besseren Vaskularisierung als kleinere Poren und somit zu einer verbesserten Knochenneubildung [Van den Borre, et al., 2022]. Graphenbeschichtungen scheinen die Osseointegration zu fördern und eine antimikrobielle Wirkung zu haben [Silveira, et al., 2023]. Die Einarbeitung von Zink in TiO₂-Beschichtungen auf Titanimplantaten scheint zu einer geringeren bakteriellen Aktivität zu führen [Silva Lima Mendes, et al., 2022]. Bestrahlungen mittels Laser haben u. a. eine besseren Haftung von Beschichtungen und eine Veränderung der Oberflächeneigenschaften von Titan in Bezug auf dessen Benetzbarkeit zur Folge [Simões, et al., 2023]. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass aufgrund der inkonsistenten Ergebnisse und der hohen Anzahl präklinischer Studien der klinische Zusatznutzen vieler Oberflächenmodifikationen derzeit nicht deutlich erkennbar ist.



Barbosa PP, Cruvinel TM, Sakakura CE, Pimentel Lopes de Oliveira GJ, Zuza EC.

Primary and Secondary Stability of Implants with Hydrophilic Surfaces in the Posterior Maxilla: A Split-Mouth Randomized Controlled Clinical Trial.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2021 Jul-Aug;36(4):787-792.

(»Primär- und Sekundärstabilität von Implantaten mit hydrophilen Oberflächen im Oberkiefer-Seitenzahnbereich: Eine randomisiert kontrollierte klinische Studie im Split Mouth-Design.«)

Die vorliegende RCT im Split Mouth-Design untersuchte die Primär- und Sekundärstabilität von Implantaten mit hydrophilen im Vergleich zu Implantaten mit konventionellen Oberflächen im Seitenzahnbereich des Oberkiefers. Zu diesem Zweck wurden 20 Patienten nach dem Zufallsprinzip beidseits mit Implantaten mit gesandstrahlten und säuregeätzten (Kontrollen) sowie mit gesandstrahlten, säuregeätzten und in Kochsalzlösung aufbewahrten Implantaten (hydrophil, Testgruppe) versorgt. Bei der Primär- und Sekundärstabilität waren keine Unterschiede zu beobachten. In beiden Gruppen verringerte sich die Stabilität der Implantate nach 28 Tagen, nach 40 und 90 Tagen nahm sie bei beiden Oberflächen wieder deutlich zu.

Schlussfolgerung: Hydrophile Implantatoberflächen führen nicht zu einer Erhöhung der Primär- und Sekundärstabilität im Oberkiefer-Seitenzahnbereich.

Körmöczí K, Komlós G, Papócsi P, Horváth F, Joób-Fancsaly Á.

The early loading of different surface-modified implants: a randomized clinical trial.

BMC Oral Health. 2021 Apr 26;21(1):207.

(»Frühbelastung von Implantaten mit unterschiedlichen Oberflächen-

modifikationen: Eine randomisierte klinische Studie.«)

In der vorliegenden Studie wurden insgesamt 75 Implantate mit unterschiedlichen Oberflächenmodifikationen, Längen und Durchmessern in verschiedenen Regionen eingesetzt. Die Patienten erhielten nach dem Zufallsprinzip Implantate mit SA- (gesandstrahlte und säuregeätzte Aluminiumoxidoberfläche), NH- (bioabsorbierbare Apatit-Nanobeschichtung) oder SLA-Oberfläche (gesandstrahlte und säuregeätzte Oberfläche). Bei einem Implantatverlust vier Wochen nach der Insertion betrug die Überlebensrate 98,7 %. Die Implantatstabilität nahm während der Einheilphase in allen Gruppen signifikant zu. In der NH-Gruppe war der Stabilitätsgewinn am größten, erreichte jedoch keine statistische Signifikanz im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen.

Makary C, Menhall A, Lahoud P, An HW, Park KB, Traini T.

Nanostructured Calcium-Incorporated Surface Compared to Machined and SLA Dental Implants - A Split-Mouth Randomized Case/Double-Control Histological Human Study.

Nanomaterials (Basel). 2023 Jan 16; 13(2):357.

(»Nanostrukturierte kalziumhaltige Implantatoberflächen im Vergleich zu Implantaten mit maschinierter oder SLA-Oberfläche - eine randomisiert kontrollierte, histologische Fall-Kontroll-Studie im Split Mouth-Design.«)

Hauptziel der vorliegenden klinischen und histologischen Studie war der Vergleich des Knochen-Implantat-Kontakts (BIC) bei Implantaten mit maschinierter Oberfläche (MAC), mit gesandstrahlter, grobkörniger, säuregeätzter Oberfläche (SLA) mittlerer Rauigkeit oder einer nanostrukturierten, mit Kalzium angereicherten Oberfläche (XPEED). Zu diesem Zweck wurden 35 Mini-Implantate mit den drei verschiedenen Oberflächenbehandlungen im Oberkiefer-Seitenzahnbereich von elf Patienten eingesetzt. Nach vier oder sechs Wochen in einem randomisierten Split-Mouth-Studiendesign wurden diese explantiert. Bei allen

untersuchten Oberflächentypen schien sich die BIC während der Einheilphase signifikant zu erhöhen. Die XPEED-Oberfläche zeigte nach vier Wochen signifikant höhere BIC-Werte im Vergleich zu den SLA- und MAC-Oberflächen. Nach sechs Wochen waren die BIC-Werte bei SLA und XPEED signifikant gegenüber MAC-Oberflächen erhöht.



Abdulhameed EA, Al-Rawi NH, Omar M, Khalifa N, Samsudin ABR.

Titanium dioxide dental implants surfaces related oxidative stress in bone remodeling: a systematic review.

PeerJ. 2022 Mar 3;10:e12951.

(»Oxidativer Stress auf der Oberfläche von Dentalimplantaten aus Titandioxid während der Knochenremodellierung: Ein systematischer Review.«)

Dentalimplantate aus Titandioxid haben eine umstrittene Wirkung auf die Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (ROS). ROS sind für die zelluläre Signalübertragung und den ordnungsgemäßen Stoffwechsel notwendig, können aber durch übermäßigen oxidativen Stress auch zum Zelltod sowie zu DNA-, RNA- und Proteinschäden führen. Ziel dieser Studie war daher die Untersuchung der Auswirkungen von Titandioxid-Dentalimplantaten auf den oxidativen Stress im Gewebe und dessen Rolle bei der Kopplung der Osteogenese und Angiogenese bei der Remodellierung des Alveolarknochens. Zu diesem Zweck erfolgte eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Science Direct, Scopus und Medline, die mit einer manuellen Suche ergänzt wurde. Von insgesamt 755 Treffern erfüllten 14 Studien die Einschlusskriterien. In sechs Studien wurde festgestellt, dass Titandioxid-Nanotubes den oxidativen Stress verringerten und die Osteoblastenaktivität förderten. Andererseits bestätigten drei Studien, dass Titandioxid-Nanopartikel oxidativen Stress induzieren, die Knochen-

neubildung reduzieren und das antioxidative Abwehrsystem beeinträchtigen. Darüber hinaus wurde in fünf Studien beobachtet, dass die Titanimplantatlegierung die Bildung von ROS verstärkt und auf Osteoblastenzellen zytotoxisch wirkt.

Abdullatif FA, Al-Askar M.

Does Ultraviolet Radiation Exhibit Antimicrobial Effect against Oral Pathogens Attached on Various Dental Implant Surfaces? A Systematic Review.

Dent J (Basel). 2022 May 31;10(6):93.

(»Führt ultraviolette Bestrahlung zu einem antimikrobiellen Effekt gegenüber pathogenen Mikroorganismen in der Mundhöhle? Ein systematischer Review.«)

Um den Einfluss ultravioletter (UV-) Strahlung auf die Osseointegration und die Adhäsionsfähigkeit von Bakterien auf Implantatoberflächen zu untersuchen, erfolgte eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Scopus, Web of Science, VHL und Cochrane Library. Insgesamt wurden 16 In-vitro-Studien in diese systematische Überprüfung einbezogen. UV-C zeigte eine bessere Wirkung als UV-A bei der Verringerung der bakteriellen Oberflächenbesiedelung. UV-Wellenlängen von 265 und 285 Nanometer zeigten eine starke bakterizide Wirkung. Eine UV-Bestrahlung von 365 Nanometer für 24 Stunden hatte die höchste Hemmung des Bakterienwachstums auf mit Zinkoxid beschichteten Magnesiumlegierungen zur Folge. Bei UV-bestrahlten Reintitanioberflächen, die mit plasmaelektrolytischer Oxidation, Silberionenanwendung, Hitze oder Alkali behandelt wurden, war die bakterizide Wirkung im Vergleich zu nicht bestrahlten Oberflächen deutlich höher als bei der Behandlung mit einer dieser Substanzen allein. UV-C- und Gamma-Bestrahlung erhöhten die Hydrophilie von Zirkonoxid-Oberflächen im Vergleich zu trockener Hitze.

Alenezi A, Chrcanovic B.

Effects of the local administration of antibiotics on bone formation on implant surface in animal models:

A systematic review and meta-analysis.

Jpn Dent Sci Rev. 2020 Nov;56(1):177-183.

(»Die Auswirkung der lokalen Gabe von Antibiotika auf die Knochenneubildung auf Implantatoberflächen im Tiermodell: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Um die Auswirkungen der Beschichtung von Implantatoberflächen mittels Antibiotika auf die Knochenneubildung im Tiermodell zu untersuchen, erfolgte eine elektronische Suche in den Datenbanken PubMed, Scopus und Embase, die mit einer Handsuche ergänzt wurde. Neun Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Von den identifizierten Arten einer lokalen Verabreichung von Antibiotika war die häufigste Methode die Beschichtung der Implantatoberfläche. Unter den verwendeten Antibiotika waren die Wirkstoffe Bacitracin, Doxycyclin, Enoxacin, Gentamicin, Minocyclin, Tobramycin und Vancomycin. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied im prozentualen Anteil der Knochen-Implantat-Kontaktfläche (BIC) zwischen Implantaten mit oder ohne lokale Antibiotikafreisetzung. Die Metaanalyse ergab ein größeres Knochenvolumen bei Implantaten mit Antibiotikabeschichtung im Vergleich zu Implantaten ohne antibiotikabeschichtete Oberflächen. Die Autoren gehen aufgrund des hohen Verzerrungsrisikos der eingeschlossenen Studien von einer eingeschränkten Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf den Menschen aus.

Almassri HNS, Ma Y, Dan Z, Ting Z, Cheng Y, Wu X.

Implant stability and survival rates of a hydrophilic versus a conventional sandblasted, acid-etched implant surface: Systematic review and meta-analysis.

J Am Dent Assoc. 2020 Jun;151(6):444-453.

(»Überlebensrate und Stabilität von Implantaten mit einer hydrophilen Oberfläche versus einer konventionellen, gesandstrahlten und geätzten Oberfläche: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Ziel der Untersuchung war der Vergleich der Stabilität und der Überlebensraten von Implantaten mit einer hydrophilen Oberfläche im Vergleich zu solchen mit einer sandgestrahlten, säuregeätzten Oberfläche. Zu diesem Zweck wurde eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Science Direct und Cochrane Library durchgeführt. Fünf RCT erfüllten die Einschlusskriterien. Insgesamt wurden bei Implantaten mit hydrophiler Oberfläche im Vergleich zu den Kontrollgruppen keine klinisch signifikanten Unterschiede bei der Implantatstabilität oder den Überlebensraten festgestellt.

Calazans Neto JV, Kreve S, Valente MLDC, Reis ACD.

Protein absorption on titanium surfaces treated with a high-power laser: A systematic review.

J Prosthet Dent. 2022 Apr 10:S0022-3913(22)00178-0. Epub ahead of print]

(»Protein-Absorptionsfähigkeit von Implantatoberflächen nach Bestrahlung mit einem Hochenergielaser: Ein systematischer Review.«)

Mit einem Hochenergielaser behandelte Oberflächen von Titanimplantaten sollen durch die dadurch bedingte Erhöhung der Absorptionsfähigkeit von Proteinen die Osseointegration begünstigen. Die Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Scopus, Web of Science, Embase und Google Scholar ergab, dass durch den Hochenergielaser Veränderungen der Oberflächentopografie der Implantate hervorgerufen werden, die den Protein-Absorptionsprozess optimieren und somit auch andere biologische Prozesse beschleunigen können.

Calazans Neto JV, Reis ACD, Valente MLDC.

Osseointegration in additive-manufactured titanium implants: A systematic review of animal studies on the need for surface treatment.

Heliyon. 2023 Jun 10;9(6):e17105.

(»Die Osseointegration von mittels additiver Verfahren hergestellten Titanimplantaten: Ein systematischer Review tierexperimenteller Studien zur Notwendigkeit der Behandlung der Implantatoberflächen.«)

Die Forschungsfrage der Übersichtsarbeit lautete: „Verbessern Oberflächenbehandlungen von Titanimplantaten, die durch additive Fertigung hergestellt wurden, die Osseointegration im Vergleich zu unbehandelten Oberflächen?“ Zur Beantwortung wurde eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Scopus, Science Direct, Embase und Google Scholar durchgeführt. Alle 17 in die Analyse eingeschlossenen Studien ergaben positive Osseointegrationsergebnisse nach der Behandlung der Oberflächen von Titanimplantaten. Durch die Oberflächenbehandlungen sollen Veränderungen der Mikrostruktur und der Zusammensetzung der Implantatoberflächen bewirkt werden, um die Adhäsion der für die Osseointegration verantwortlichen Knochenzellen zu fördern. Es wird festgestellt, dass trotz der Vorteile, die das additive Herstellungsverfahren für die Mikrostruktur der Implantatoberfläche mit sich bringt, zusätzliche Oberflächenbehandlungen immer noch unerlässlich sind, da sie den BIC fördern können.

Calazans Neto JV, Valente MLDC, Reis ACD.

Effect of pores on cell adhesion to additively manufactured titanium implants: A systematic review.

J Prosthet Dent. 2023 Jun 21:S0022-3913(23)00340-2. [Epub ahead of print]

(»Der Einfluss von Porositäten auf den Oberflächen additiv hergestellter Titanimplantate auf die Zellhaftung: Ein systematischer Review.«)

Die Porositäten, die im Rahmen der additiven Fertigung von Dentalimplantaten aus Titan entstehen, sollen je nach Größe und Menge die Anlagerung von knochenbildenden Zellen verbessern, ohne die mechanischen Eigenschaften der Implantate zu beeinträchtigen. Um den tatsächlichen Einfluss einer porösen Oberflächenstruktur von Implantaten auf die Zelladhäsion zu untersuchen, erfolgte eine Recherche in den elektronischen Datenbanken Pubmed, Scopus, Science Direct, Embase und Google Scholar. 13 Artikel mit einem geringen Verzerrungsrisiko wurden in die Analyse einbezogen. Porositäten mit größeren Durchmessern bieten eine größere

Oberfläche, die zu einer Verbesserung der Zellhaftung führt.

Carossa M, Cavagnetto D, Mancini F, Mosca Balma A, Mussano F.

Plasma of Argon Treatment of the Implant Surface, Systematic Review of In Vitro Studies.

Biomolecules. 2022 Sep 1;12(9):1219.

(»Die Behandlung von Implantatoberflächen mittels Argonplasma. Ein systematischer Review anhand von In vitro-Studien.«)

Um die Zellaktivität auf Implantatoberflächen von Prüfkörpern, welche mit Argonplasma vorbehandelt worden waren zu ermitteln, wurde eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Cochrane Library, Pubmed, Web of Science, Embase und Scopus durchgeführt. 16 Artikel erfüllten die Mindestqualitätskriterien und wurden in die Analyse eingeschlossen. Die Vorbehandlung mittels Argonplasma führte zu einer Förderung der Zelladhäsion und Proteinabsorption in den ersten Stunden nach der Oberflächenbehandlung. Dieses Ergebnis war nicht so offensichtlich, wenn spätere Stadien des Zellwachstums auf den Oberflächen getestet und mit den Kontrollgruppen verglichen wurden.

Costa TNQ, Dotta TC, Galo R, Soares MEDC, Pedrazzi V.

Effect of tribocorrosion on surface-treated titanium alloy implants: A systematic review with meta-analysis.

J Mech Behav Biomed Mater. 2023 Sep;145:106008.

(»Der Einfluss einer Oberflächenbehandlung von Titanimplantaten auf die Tribokorrosion: Ein systematischer Review.«)

Um den Einfluss einer Oberflächenbehandlung auf die Tribokorrosion von Titanimplantaten zu untersuchen, wurde eine elektronische Suche in den Datenbanken Pubmed, Web of Science, Virtual Health Library und Scopus durchgeführt. Anhand der zehn Artikel, die in die Analyse einbezogen wurden, war erkennbar, dass Implantatoberflächen mit einer Rutilsschicht aufgrund der dadurch

bedingten, besseren chemischen und mechanischen Eigenschaften zu einer geringeren Tribokorrosion neigten.

Cunha W, Carvalho O, Henriques B, Silva FS, Özcan M, Souza JCM.

Surface modification of zirconia dental implants by laser texturing.

Lasers Med Sci. 2022 Feb;37(1):77-93.

(»Oberflächenmodifikationen von Zirkonoxidimplantaten mittels Lasertexturierung.«)

Um den Einfluss einer Laserbestrahlung auf Zirkonoxidimplantate zur Verbesserung der Oberflächentopografie und der Osseointegration zu untersuchen, wurde eine elektronische Suche in der Datenbank Pubmed durchgeführt. Zwölf Studien wurden in die Analyse einbezogen. Die Ergebnisse tierexperimenteller In vivo-Studien zeigten, dass die Laserbestrahlung u. a. mittels eines Femtosekundenlasers mit 10 Nanojoule und 80 MHz in der Lage war, die Rauigkeit und Benetzbarkeit der Zirkonoxidoberflächen zu fördern. Dadurch wurde die Adhäsion, Proliferation und Differenzierung osteogener Zellen auf den Implantatoberflächen verbessert. Bei der Laserbehandlung wurden mehrere Parameter ermittelt, die für die Oberflächenmodifizierung von Zirkonoxid verwendet werden können, wie z. B. die Bestrahlungsintensität, -zeit und -frequenz. Die Laserbestrahlungsparameter können optimiert und gut kontrolliert werden, um die gewünschten morphologischen Oberflächenveränderungen für eine Verbesserung der Osseointegration zu erreichen.

Damerau JM, Bierbaum S, Wiedemeier D, Korn P, Smeets R, Jenny G, Nadalini J, Stadlinger B.

A systematic review on the effect of inorganic surface coatings in large animal models and meta-analysis on tricalcium phosphate and hydroxyapatite on periimplant bone formation.

J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2022 Jan;110(1):157-175.

(»Ein systematischer Review zum Einfluss anorganischer Oberflächenbeschichtungen in tierexpe-

rimentellen Großtierstudien und eine Metaanalyse zum Einfluss von Trikalziumphosphat und Hydroxylapatit auf die periimplantäre Knochenbildung.«)

Um den Einfluss anorganischer Implantatbeschichtungen zu analysieren und mittels einer Metaanalyse die Auswirkung spezifischer Oberflächenbeschichtungen aus Trikalziumphosphat (TCP) und Hydroxylapatit (HA) im Vergleich zu Titanimplantaten mit rauer Oberfläche (Referenz) in Großtierstudien auf die Knochenbildung zu untersuchen, erfolgte eine systematische Literaturrecherche. Die Implantate der TCP-Gruppe zeigten nach 14 Tagen einen um 3,48 %-Punkte niedrigeren BIC im Vergleich zur Referenzoberfläche. Dieser Unterschied im BIC verringerte sich nach 21-28 Tagen auf 0,85%-Punkte. Nach 42-84 Tagen lag der Unterschied im BIC bei 13,79 %-Punkten zugunsten der TCP-Beschichtungen. Die HA-Gruppe zeigte einen signifikant geringeren mittleren BIC von 6,94 %-Punkten nach 14 Tagen im Vergleich zur Referenzoberfläche. Bei Großtieren scheinen TCP- oder HA-beschichtete Implantate gegenüber unbeschichteten, rauen Titanimplantaten kurzfristig keinen signifikanten Effekt zu haben.

Dhaliwal JS, Abd Rahman NA, Ming LC, Dhaliwal SKS, Knights J, Albuquerque Junior RF.

Microbial Biofilm Decontamination on Dental Implant Surfaces: A Mini Review.

Front Cell Infect Microbiol. 2021 Oct 8;11:736186.

(»Dekontamination von Biofilm-kontaminierten Implantatoberflächen: Ein Mini-Review.«)

Um die Dekontamination von mikrobiellen Biofilmen auf Titanimplantatoberflächen zu untersuchen, erfolgte eine systematische Literaturrecherche in den elektronischen Datenbanken Springer Link, Science Direct und Pubmed. Anhand der Recherche konnten insgesamt 17 verschiedene Dekontaminationsmethoden in 116 Studien identifiziert werden. Zu den Dekontaminationsmethoden gehörten verschiedene Beschichtungen, mechanische Reinigungen, Laserbehand-

lungen, photodynamische Therapien, Pulverstrahlreinigungen, Anodisierungen, Ultraschallreinigungen, Wärmebehandlungen, chemische und elektrochemische Behandlungen, antimikrobielle Medikamente, Argonbehandlungen und Probiotika.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die meisten Dekontaminationsmethoden wirksam sind.

Dias Corpa Tardelli J, Cândido Dos Reis A.

Influence of surface electric charge of Ti implants on osteoblastic interaction: A systematic review.

Saudi Dent J. 2022 Jul;34(5):335-345.

(»Der Einfluss der elektrischen Ladung von Titanimplantaten auf die Interaktion mit Osteoblasten: Ein systematischer Review.«)

Um den Einfluss der elektrischen Ladung von Titanlegierungen auf die Interaktion mit Osteoblasten im Rahmen der Osseointegration zu untersuchen, wurde eine systematische Literatursuche in den Datenbanken Pubmed, Science Direct, Embase und Scopus durchgeführt. Diese wurde mit einer Recherche in der grauen Literatur in Google Scholar und Proquest ergänzt. Zehn Publikationen erfüllten die Einschlusskriterien. Die Analyse führte zu folgenden Ergebnissen: 1) Die Osseointegration ist ein komplexer Vorgang und findet unabhängig von der elektrischen Ladung des Implantats statt. 2) Wichtig für die Osseointegration sind die chemische Zusammensetzung der Legierung und die Art der Implantatoberfläche, welche die Geschwindigkeit der Adhäsion, Proliferation und Differenzierung der Osteoblasten zusätzlich beeinflussen. 3) Die Verfügbarkeit von Kalzium-Ionen auf Implantatoberflächen führt zu einer Anlagerung und Differenzierung der Osteoblasten. 4) Für ein besseres Verständnis der aktuellen Literatur sind weitere Studien erforderlich, um die Regulierungsprozesse im Knochen durch Proteinmediatoren zu beschreiben.

Dias Corpa Tardelli J, Duarte Firmino AC, Ferreira I, Cândido Dos Reis A.

Influence of the roughness of den-

tal implants obtained by additive manufacturing on osteoblastic adhesion and proliferation: A systematic review.

Heliyon. 2022 Dec 25;8(12):e125057.

(»Der Einfluss der Rauigkeit der Oberfläche additiv hergestellter Dentalimplantate auf die Anlagerung und Proliferation von Osteoblasten.«)

Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung des Einflusses der Oberflächenrauigkeit von Dentalimplantaten, die entweder additiv oder mittels Maschinierung gefertigt wurden, auf die Adhäsion und Proliferation von Osteoblasten. Daher erfolgte eine systematische Recherche in den Datenbanken Embase, Pubmed, Scopus und Science Direct, die mit einer Recherche in der grauen Literatur von Google Scholar und Proquest ergänzt wurde. Die Analyse der acht einbezogenen Artikel führte zur Erkenntnis, dass die herstellungsbedingte Rauigkeit und Oberflächenmorphologie der Implantate sowie die chemische Zusammensetzung der Implantatlegierung einen Einfluss auf die Adhäsion und Proliferation der Osteoblasten haben, deren Mechanismen noch geklärt werden müssen.

Dini C, Nagay BE, Magno MB, Maia LC, Barão VAR.

Photofunctionalization as a suitable approach to improve the osseointegration of implants in animal models-A systematic review and meta-analysis.

Clin Oral Implants Res. 2020

Sep;31(9):785-802.

(»Die Photofunktionalisierung als eine gangbare Methode zur Verbesserung der Osseointegration von Implantaten in tierexperimentellen Studien - ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Ziel der systematischen Untersuchung war die Beantwortung der Fragestellung, inwieweit eine Photofunktionalisierung von Implantatoberflächen die Osseointegration von Dentalimplantaten im Tierexperiment beeinflusst. Mittels einer systematischen Literaturrecherche in acht Datenbanken konnten 43 Studien

identifiziert werden, von denen zehn Publikationen in die Metaanalyse einbezogen wurden. Photofunktionalisierte Implantate zeigten im Kaninchen-, Hunde- und Rattenmodell sowie in den gepoolten BIC-Analysen einen höheren mittleren BIC als die Kontrollimplantate ohne Photofunktionalisierung. Im Laufe der Einheilphase konnten jedoch nach zwölf Wochen keine statistisch signifikanten Unterschiede im BIC zwischen der Test- und Kontrollgruppe mehr ermittelt werden.

Donohoe E, Kahatab R, Barrak F. *A systematic review comparing the macrophage inflammatory response to hydrophobic and hydrophilic sandblasted large grit, acid-etched titanium or titanium-zirconium surfaces during in vitro studies.*

Clin Exp Dent Res. 2023 Jun;9(3):437-448.

(»Ein systematischer Review zum Vergleich der Makrophagen-induzierten Entzündungsreaktion bei hydrophilen oder hydrophoben, grob gesandstrahlten, säuregeätzten Titan- oder Titan-Zirkonoxidoberflächen im In vitro-Modell.«)

Zielsetzung: Makrophagen gehören zu den ersten Zellen, die mit der Oberfläche von Dentalimplantaten interagieren. Im Rahmen der Immunantwort auf Biomaterialien können sich die Makrophagen in proinflammatorische M1- oder antiinflammatorische M2-Makrophagen differenzieren. Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung des Einflusses hydrophiler, gesandstrahlter, säuregeätzter (SLActive) Oberflächen im Vergleich zu gesandstrahlten, säuregeätzten (SLA) Titan- oder Titan-Zirkonoxid-Oberflächen auf die Makrophagen-Differenzierung im In vitro-Experiment. Zu diesem Zweck wurde eine systematische Literaturrecherche in den elektronischen Datenbanken, Medline, Dentistry and Oral Sciences Source und Web of Science durchgeführt. Acht Studien wurden in die Analyse einbezogen. In sechs Studien wurden Mäusemakrophagen und in zwei Studien menschliche Makrophagen untersucht. In sechs Studien wurden Discs als Prüfkörper verwendet, während in den verbleibenden zwei Studien Den-

talimplantate verwendet wurden. Auf SLActive-Oberflächen war die Produktion proinflammatorischer Zytokine im Vergleich zu SLA reduziert und die Produktion entzündungshemmender Zytokine erhöht.

Elangovan G, Mello-Neto JM, Tadakamadla SK, Reher P, Figueredo CMS.

A systematic review on neutrophils interactions with titanium and zirconia surfaces: Evidence from in vitro studies.

Clin Exp Dent Res. 2022 Aug;8(4):950-958.

(»Ein systematischer Review zur Interaktion neutrophiler Granulozyten auf Oberflächen aus Titan oder Zirkonoxid: Evidenz aus In vitro-Studien.«)

Um die Interaktion von Neutrophilen mit unterschiedlich rauen Titan- und Zirkonoxid-Implantatoberflächen zu untersuchen, erfolgte eine elektronische Literatursuche zu In vitro-Studien in Pubmed, Embase, Scopus und Web of Science, anhand welcher insgesamt 14 Artikel in die Analyse einbezogen wurden. In zehn Studien wurde ein signifikanter Anstieg der Zelladhäsion, des reaktiven Sauerstoffs (ROS) und der Freisetzung von extrazellulären Neutrophilenfallen (NET) auf rauen Titanoberflächen festgestellt. Außerdem scheint die Interaktion von Neutrophilen mit rauen hydrophilen Oberflächen im Vergleich zu glatten sowie rauen, nicht hydrophilen Titanoberflächen weniger proinflammatorische Zytokine und ROS zu produzieren. Was die Expression von Membranrezeptoren betrifft, so berichteten zwei Studien, dass der FcγIII-Rezeptor (CD16) für die anfängliche Adhäsion von neutrophilen Granulozyten an hydrophilen Titanoberflächen verantwortlich ist. Nur eine Studie verglich die Interaktion von neutrophilen Granulozyten mit Oberflächen aus einer Titanlegierung und gehärtetem Aluminiumoxid und berichtete über keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Anzahl der neutrophilen Granulozyten, deren Aktivierung, Rezeptorexpression und den Zelltod.

Garaicoa-Pazmino C, Lin GH, Alkandery A, Parra-Carrasquer C, Suárez-López Del Amo F.

Influence of implant surface characteristics on the initiation, progression and treatment outcomes of peri-implantitis: A systematic review and meta-analysis based on animal model studies.

Int J Oral Implantol (Berl). 2021 Nov 2;14(4):367-382.

(»Der Einfluss der Oberflächeneigenschaften von Implantaten auf die Entstehung, das Fortschreiten und die Behandlungsergebnisse einer Periimplantitis: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse tierexperimenteller Studien.«)

Das Ziel der vorliegenden systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung des Einflusses der Implantatoberfläche auf die Entstehung, den Verlauf und die Behandlungsergebnisse einer (mittels Ligaturen-induzierten) Periimplantitis im Tiermodell. Mittels der anhand einer Literaturrecherche eingeschlossenen Studien konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Implantatoberflächen während des Beginns einer Periimplantitis festgestellt werden. Andererseits zeigten sich im weiteren Verlauf der Periimplantitis statistisch signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Implantatsystemen, wobei die maschinieren Oberflächen einen geringeren Knochenverlust während des Krankheitsverlaufs und einen größeren Knochenaufbau nach der Behandlung aufwiesen.

Hui WL, Perrotti V, Iaculli F, Piattelli A, Quaranta A.

The Emerging Role of Cold Atmospheric Plasma in Implantology: A Review of the Literature.

Nanomaterials (Basel). 2020 Jul 31;10(8):1505.

(»Die zunehmende Bedeutung kalten atmosphärischen Plasmas in der Implantologie: Ein Literatur-Review.«)

Das Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung möglicher Potenziale des Einsatzes kalten atmosphärischen Plasmas (CAP) in der

Implantologie. Die Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Medline und Scopus ergab, dass CAP das Potenzial hat, die Aktivität und die Auflagerung von Osteoblasten zu verbessern und die Mineralisierung des Knochens zu beschleunigen. Es war in der Lage, eine reine Titan- und Zirkonoxidoberfläche zu erzeugen und ein Zellwachstum zu erzielen, welches mit sterilen Kontrollen vergleichbar war. Die Kombination von mechanischen Behandlungen (Laser, Air-Abrasion) und CAP führte zu synergistischen antimikrobiellen Effekten und einer Verbesserung der Oberflächeneigenschaften der Implantate und der Osseointegration.

Huraib WM, Pullishery F, Al-Ghalib TA, Niyazi AAT, Binhuraib H, El Homossany M, Bamigdad MS.

Influence of rough micro-threaded and laser micro-textured implant-neck on peri-implant tissues: A systematic review.

Saudi Dent J. 2023 Sep;35(6):602-613.

(»Der Einfluss rauher mikrogewundener oder Laser-mikrotexturierter Oberflächen im Implantat-Halsbereich auf das periimplantäre Gewebe: Ein systematischer Review.«)

Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung des Einflusses der Oberfläche im Implantat-Halsbereich auf das krestale Knochniveau (MBL) und das Weichgewebe. Verglichen wurden raue Oberflächen mit Mikrorillen bzw. Laser-Mikrostrukturen mit maschinieren Oberflächen. Die systematische Recherche in den Literaturdatenbanken Pubmed, Scopus und Embase ergab 247 Treffer, von welchen sechs RCT, fünf prospektive und vier retrospektive Studien (n = 15) die Einschlusskriterien erfüllten. Implantate mit Mikrorillen und Laser-Mikrostruktur im Halsbereich wiesen eine signifikant geringere mittlere MBL und mittlere Sondierungstiefe auf als Implantate mit maschinieren Halsoberflächen. Die Autoren geben (Anmerkung der Redaktion: trotz eines deutlichen Unterschieds) ähnlich hohe gingivale Rezessionen an, die in den Testgruppen bei 1,08 ± 0,4 mm und der Kontrollgruppe bei 2,46 ± 0,3 mm lagen.

Husain F, Gupta S, Sood S, Bhaskar N, Jain A.

To evaluate the effect of anodized dental implant surface on cumulative implant survival and success. A systematic review and meta-analysis.

J Indian Soc Periodontol. 2022 Nov-Dec;26(6):525-532..

(»Der Einfluss anodisierter Implantatoberflächen auf kumulative Überlebens- und Erfolgsraten: Ein systematischer Review.«)

Um die langfristigen Auswirkungen einer anodisierten Implantatoberfläche auf die kumulativen Überlebens- (CSR) und Erfolgsraten im Verhältnis zum marginalen Knochenverlust (MBL) zu untersuchen, wurde eine systematische elektronische Suche in den Datenbanken Pubmed und Embase durchgeführt. Acht Studien wurden in die Analyse einbezogen. Die mittlere CSR betrug 98,0 % (Anmerkung der Redaktion: Im Dokument wurde keine Angabe zur mittleren Dauer des Follow up angegeben). Der mittlere MBL betrug innerhalb des ersten Jahres nach Implantatinsertion 0,84 mm im ersten Jahr und 1,05 mm am Ende der Nachbeobachtungszeit (Anmerkung der Redaktion: Im Dokument wurde keine mittlere Nachbeobachtungszeit angegeben).

Inchingolo F, Inchingolo AM, Latini G, Palmieri G, Di Pede C, Trilli I, Ferrante L, Inchingolo AD, Palermo A, Lorusso F, Scarano A, Dipalma G.

Application of Graphene Oxide in Oral Surgery: A Systematic Review.

Materials (Basel). 2023 Sep 20; 16(18):6293.

(»Der Einsatz von Graphenoxid in der oralen Chirurgie: Ein systematischer Review.«)

Das Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung des Einflusses von Graphenoxid als Oberflächenmaterial auf Implantaten und Abutments sowie auf Membranen und Scaffolds zur gesteuerten Knochenregeneration für Knochen und Weichgewebe. Anhand einer Literaturrecherche wurden 19 Veröffentlichungen in diese Übersicht aufgenommen. Aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften, elektrischen Leitfähig-

keit und thermischen Stabilität können Graphen und seine Derivate mit einer Vielzahl bioaktiver Verbindungen kombiniert werden. Es wird von einer Verbesserung der Osseointegration sowie von antibakteriellen und biokompatiblen Eigenschaften von Graphenoxid berichtet.

Iqbal A, Arshad K, Abbasi MS, Maqsood M, Shah R, Rahim M. .

Recent advancements in surface modifications of dental implants.

J Pak Med Assoc. 2021 Jun;71(6): 1655-1661.

(»Aktuelle Fortschritte bei der Oberflächenmodifikation von Dentalimplantaten.«)

Um die aktuellen Trends in Bezug auf die Oberflächenmodifikation von Dentalimplantaten zu untersuchen, wurde in den Datenbanken Pubmed, Scopus, Medline, Cochrane und Science Direct eine Literaturrecherche durchgeführt. Insgesamt wurden 38 Artikel in die Analyse einbezogen. Es wurden mehrere Strategien zur Modifizierung der Oberflächentopografie und der Oberflächenchemie vorgestellt, welche die Herstellung mikroporöser Strukturen und nanoskalierter Oberflächenarchitekturen beinhalten. Diese sollen zu einer erhöhten Bioaktivität, Hydrophilie und zu verbesserten antibakteriellen Eigenschaften führen. Bislang wurden jedoch nur sehr wenige dieser Oberflächenmodifikationen in den klinischen Alltag eingeführt.

Jungbauer G, Moser D, Müller S, Pfister W, Sculean A, Eick S.

The Antimicrobial Effect of Cold Atmospheric Plasma against Dental Pathogens - A Systematic Review of In-Vitro Studies.

Antibiotics (Basel). 2021 Feb 20; 10(2):211.

(»Der Effekt kalten atmosphärischen Plasmas gegen pathogene Mikroorganismen: Ein systematischer Review anhand von In vitro-Studien.«)

Indikationen zur Anwendung von kaltem atmosphärischem Plasma (CAP) in der Zahnmedizin sind Oberflächenmodifikationen und seine antibakterielle Wirkung.

Die antibakterielle Wirkung von CAP wird hauptsächlich auf die Erzeugung von reaktivem Sauer- und Stickstoff zurückgeführt. Ziel dieses Artikels war die Ermittlung der derzeit verfügbaren Erkenntnisse aus In vitro-Studien über die Wirkung von CAP auf pathogene Mikroorganismen in der Mundhöhle. Zu diesem Zweck wurde eine Datenbankrecherche in Pubmed, Embase und Scopus durchgeführt. 55 Studien wurden in die Untersuchung eingeschlossen. In allen Studien wurde eine zeitabhängige Zunahme der antibakteriellen Wirkung beobachtet. CAP könnte eine vielversprechende Alternative für die antimikrobielle Behandlung in einer klinisch vertretbaren Anwendungszeit sein.

Kensy J, Dobrzyński M, Wiench R, Grzech-Leśniak K, Matys J.
Fibroblasts Adhesion to Laser-Modified Titanium Surfaces - A Systematic Review.

Materials (Basel). 2021 Nov 29; 14(23):7305.

(»Fibroblastenadhäsion auf laser-modifizierten Titanoberflächen - ein systematischer Review.«)

Um die Auswirkungen einer Lasermodifikation von Titanoberflächen auf die Adhäsion von Fibroblasten zu untersuchen, erfolgte eine elektronische Suche in den Datenbanken Pubmed und Scopus. Die zehn in die Untersuchung aufgenommenen Studien zeigten, dass Fibroblasten dazu neigen, auf modifizierten Oberflächen andere Formen anzunehmen und Zellfortsätze zu bilden, und dass ihre Stoffwechselaktivität intensiver ist. Eine Studie zeigte, dass die dreidimensionale Laseranwendung bezüglich der Fibroblastenadhäsion die erfolgreichste Methode ist. Studien, die sich mehr auf die Laserparameter konzentrierten, sagten aus, dass eine zu geringe Energiedichte (kleiner oder gleich 0,75 J/cm²) keinen Einfluss auf die Fibroblastenadhäsion hat. Eine Erhöhung der Energiedichte über 0,75 J/cm² bewirkte demgegenüber eine bessere Zelladhäsion. Eine der einbezogenen Studien konzentrierte sich auf die Erhöhung der Benetzbarkeit der Titanoberfläche, was sich ebenfalls positiv auf die Zelladhäsion auswirkte.

Schlussfolgerung: Die in die Übersichts-

arbeit einbezogenen Studien belegen eine positive Wirkung von lasermodifizierten Titanoberflächen auf die Fibroblastenadhäsion. Entscheidend ist jedoch die Anwendung einer angemessenen Laserenergiedosis.

Koodaryan R, Hafezeqoran A.
Effect of laser-microtexturing on bone and soft tissue attachments to dental implants: A systematic review and meta-analysis.

J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2021 Fall;15(4):290-296.

(»Der Einfluss einer Laser-Mikrostrukturierung auf Knochen und Weichgewebe: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

In der vorliegenden Übersichtsarbeit wurden der krestale Knochenverlust (MBL), die Sondierungstiefen und die Verlustraten von Implantaten mit einer Laser-Mikrostruktur im Implantatbereich untersucht. Mittels einer elektronischen Suche in den Datenbanken Pubmed und Embase konnten fünf Studien identifiziert und für eine Metaanalyse verwendet werden. Implantate mit einer Laser-Mikrostrukturierung im Halsbereich wiesen einen signifikant besseren krestalen Knochenhalt und signifikant geringere Sondierungstiefen auf als Implantate mit maschinierem Halsbereich. Signifikante Unterschiede in den Implantatverlusten wurden nicht festgestellt.

Kreve S, Cândido Dos Reis A.
Influence of the electrostatic condition of the titanium surface on bacterial adhesion: A systematic review.

J Prosthet Dent. 2021 Mar;125(3): 416-420.

(»Der Einfluss des elektrostatischen Zustands von Titanoberflächen auf die Bakterienadhäsion: Ein systematischer Review.«)

Die systematische Übersichtsarbeit hatte das Ziel, Eigenschaften von Titanoberflächen zu ermitteln, die zu einer antibakteriellen Wirkung führen. Zu diesem Zweck erfolgte eine Recherche in den Datenbanken Scopus, Pubmed/Medline, Web of Science, Embase und Science

Direct, die mit einer Handsuche ergänzt wurde. 13 In vitro-Studien wurden in die Analyse einbezogen. Die in dieser systematischen Übersicht analysierten Artikel deuten darauf hin, dass eine Änderung der Hydrophilie, der kristallinen Phase, der Oberflächentopografie und der Oberflächenladung von Titan zu antibakteriellen Effekten führen können.

Lang X, Qiao B, Ge Z, Yan J, Zhang Y.
Clinical Effects of Photofunctionalization on Implant Stability and Marginal Bone Loss: Systematic Review and Meta-Analysis.

J Clin Med. 2022 Nov 28;11(23):7042.

(»Klinische Effekte einer Photofunktionalisierung auf die Implantatstabilität und krestale Knochenverluste: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Um die klinischen Auswirkungen einer Photofunktionalisierung auf die Implantatstabilität und den marginalen Knochenverlust (MBL) systematisch zu analysieren, erfolgte eine Literaturrecherche in vier Datenbanken, die mit einer manuellen Suche ergänzt wurde. Sieben Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Anhand von fünf dieser Studien wurde eine Metaanalyse durchgeführt. Die Metaanalyse ergab, dass die Photofunktionalisierung die Stabilität des Implantats innerhalb der ersten zwei Monate nach Implantatinsertion signifikant verbessert und die Osseointegration beschleunigt. Es wurden jedoch keine signifikanten Verbesserungen der Implantatstabilität nach zwei und vier Wochen sowie vier Monate nach der Implantation beobachtet. Die Auswertung ergab keinen Einfluss auf den MBL.

Schlussfolgerung: Aufgrund des positiven Effekts der Photofunktionalisierung auf die Implantatstabilität könnte sie eine wirksame und praktische Strategie sein, um eine schnellere Osseointegration zu erreichen und die Einheitszeit zu verkürzen. Der Einfluss auf die MBL bleibt unklar.

Leonardi de Oliveira Rigotti R, Dias Corpa Tardelli J, Cândido Dos Reis A.
Influence of antibacterial surface

treatment on dental implants on cell viability: A systematic review.

Heliyon. 2023 Feb 16;9(3):e13693.

(»Der Einfluss antibakteriell wirksamer Oberflächenbehandlungen von Dentalimplantaten auf die Überlebensfähigkeit von Zellen: Ein systematischer Review.«)

Um die bestmögliche Oberflächenbehandlung dentaler Titanimplantate auf das Überleben von Osteoblasten zu ermitteln, wurde eine systematische Literaturrecherche in vier Datenbanken durchgeführt. Zwölf Untersuchungen wurden in die Analyse aufgenommen. Die ausgewertete Literatur lässt folgende Schlüsse zu: 1) Die untersuchte Literatur erlaubte aufgrund der Heterogenität der Studien keine hinreichende Beantwortung der Fragestellung. 2) Zehn der zwölf ausgewerteten Studien präsentierten Oberflächenbehandlungen mit nicht-zytotoxischer antibakterieller Aktivität. 3) Die Zugabe von verschiedenen Nanomaterialien führte nicht zu einer bakteriellen Resistenz.

López-Valverde N, Aragonese J,

López-Valverde A, Quispe-López N,

Rodríguez C, Aragonese JM.

Effectiveness of biomolecule-based bioactive surfaces, on osseointegration of titanium dental implants: A systematic review and meta-analysis of in vivo studies.

Front Bioeng Biotechnol. 2022 Sep 26;10:986112.

(»Die Wirksamkeit biomolekularer bioaktiver Oberflächen auf die Osseointegration von Dentalimplantaten aus Titan: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse von In vivo-Studien.«)

Um den Einfluss bioaktiver Oberflächen von Titanimplantaten auf ihre Osseointegration zu untersuchen, erfolgte eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Embase und Web of Science. 26 Studien mit 1.109 Implantaten und Nachbeobachtungszeiträumen von zwei bis 84 Wochen wurden in die Analyse einbezogen. Bone Morphogenetic Protein (BMP) eignete sich am besten als Beschichtung. **Schlussfolgerung:** Die Oberflächenmodifizierung von Ti-Implantaten durch organische bioaktive Moleküle scheint die

Osseointegration in den frühen Phasen der Einheilung zu begünstigen, aber es sind Langzeitstudien erforderlich, um die Ergebnisse der experimentellen Studien zu bestätigen.

López-Valverde N, Flores-Fraile J,

Ramírez JM, Sousa BM, Herrero-Hernández S, López-Valverde A.

Bioactive Surfaces vs. Conventional Surfaces in Titanium Dental Implants: A Comparative Systematic Review.

J Clin Med. 2020 Jun 29;9(7):2047.

(»Bioaktive Oberflächen vs. konventionelle Oberflächen von Titanimplantaten: Ein vergleichender systematischer Review.«)

Das Ziel dieser systematischen Übersichtsarbeit war der Vergleich der Osseointegration von Titanimplantaten mit bioaktiven Oberflächen (Test) gegenüber konventionellen Oberflächen (Kontrollen). Die Literaturrecherche in den Datenbanken Medline, Pubmed, Central und Web of Science ergab 128 Treffer, von welchen 30 die Einschlusskriterien erfüllten. In allen tierexperimentellen Studien wurde über einen signifikant besseren BIC bei den bioaktiven Oberflächen im Vergleich zu den Kontrollimplantaten berichtet. Die besten Ergebnisse wurden erzielt, wenn die Oberflächen mechanisch und chemisch vorbehandelt wurden. Hydroxylapatit und Kalziumphosphat waren die am häufigsten verwendeten bioaktiven Materialien. Den Ergebnissen zufolge wirken sich bestimmte bioaktive Oberflächen positiv auf die Osseointegration aus, obwohl bestimmte Beschichtungsbio-moleküle die frühe periimplantäre Knochenbildung negativ zu beeinflussen scheinen.

López-Valverde N, López-Valverde A,

Aragonese JM, Macedo de Sousa B,

Rodrigues MJ, Ramírez JM.

Systematic Review and Meta-Analysis of the Effectiveness of Calcium-Phosphate Coating on the Osseointegration of Titanium Implants.

Materials (Basel). 2021a Jun 2;14(11):3015.

(»Ein systematischer Review und eine Metaanalyse zum Einfluss von

Kalziumphosphat-Oberflächenbeschichtungen auf die Osseointegration von Titanimplantaten.«)

Anhand einer Recherche in den drei Datenbanken Pubmed, Embase und Web of Science sollte in tierexperimentellen Studien der Einfluss von Kalziumphosphat-Beschichtungen (Ca-P) auf die Osseointegration von Titanimplantaten ermittelt werden. Acht Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Die Metaanalyse ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Osseointegration von Titanimplantaten mit Ca-P-Beschichtungen oder geätzten konventionellen Oberflächen.

López-Valverde N, López-Valverde A,

Ramírez JM.

Systematic Review of Effectiveness of Chitosan as a Biofunctionalizer of Titanium Implants.

Biology (Basel). 2021b Feb 1;10(2):102.

(»Eine systematische Übersichtsarbeit zur Wirksamkeit einer Biofunktionalisierung von Titanimplantaten mittels Chitosan.«)

Chitosan ist ein natürliches Polysaccharid, das aus den Schalen von Krustentieren gewonnen wird. In verschiedenen Studien wurde über eine verbesserte Osseointegration von Titanimplantaten nach Oberflächenfunktionalisierung mit Chitosan berichtet. Die systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Medline, Central, Pubmed und Web of Science ergab, dass mit Chitosan biofunktionalisierte Titanoberflächen zu einer besseren Osseointegration führen als unbeschichtete Titanoberflächen.

López-Valverde N, Macedo-de-Sousa B,

López-Valverde A, Ramírez JM.

Effectiveness of Antibacterial Surfaces in Osseointegration of Titanium Dental Implants: A Systematic Review.

Antibiotics (Basel). 2021 Mar 28;10(4):360.

(»Die Wirksamkeit antibakterieller Oberflächen bei der Osseointegration von Dentalimplantaten aus Titan: Ein systematischer Review.«)

Das Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher antibakterieller Oberflächenbeschichtungen auf die Osseointegration von Titanimplantaten. Zu diesem Zweck wurde eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Web of Science und Scopus durchgeführt, mittels welcher sechs Studien für die Analyse ausgewählt wurden. Obwohl alle eingeschlossenen Studien eine verbesserte Osseointegration der verschiedenen untersuchten antibakteriellen Oberflächen nachweisen konnten, sind die Ergebnisse aufgrund der eingeschränkten methodischen Qualität mit Vorsicht zu interpretieren.

Medikeri RS, Pereira MA, Waingade M, Navale S.

Survival of surface-modified short versus long implants in complete or partially edentulous patients with a follow-up of 1 year or more: a systematic review and meta-analysis.

J Periodontol Implant Sci. 2022 Aug;52(4):261-281.

(»Das Überleben von kurzen Implantaten mit modifizierter Oberfläche gegenüber Implantaten mit Standardlänge bei zahnlosen oder teilbezahnten Patienten mit einem Follow up von mindestens einem Jahr: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

In dieser Metaanalyse wurden die Überlebensrate und das krestale Knocheniveau (MBL) von oberflächenmodifizierten kurzen gegenüber langen Implantaten untersucht. Mittels elektronischer und manueller Recherchen wurden 22 RCT identifiziert. Lange Implantate mit einer fluoridmodifizierten, hydrophilen, gesandstrahlten und säuregeätzten Oberfläche hatten eine signifikant höhere mittlere Überlebensrate als kurze Implantate mit der gleichen Oberfläche. Kurze Implantate mit neuartigen, nanostrukturierten, kalziumhaltigen Titanoberflächen, hydrophilen, gesandstrahlten, säuregeätzten Oberflächen und einer zweifach säuregeätzten Oberfläche mit Kalziumphosphatkristallen im Nanometerbereich zeigten einen geringeren marginalen Knochenverlust als längere Standardimplantate.

Schlussfolgerung: Trotz der höheren Verlustraten sind kurze oberflächenmodifizierte Implantate aufgrund des Verzichts auf aufwendige Augmentationsmaßnahmen als eine mögliche Behandlungsalternative zu längeren Implantaten im stark atrophierten Kiefer in Betracht zu ziehen.

Neto JVC, Teixeira ABV, Cândido Dos Reis A.

Hydroxyapatite coatings versus osseointegration in dental implants: A systematic review.

J Prosthet Dent. 2023 Oct 14:S0022-3913(23)00631-5. [Epub ahead of print]

(»Der Einfluss von Beschichtungen aus Hydroxylapatit auf die Osseointegration von Dentalimplantaten: Ein systematischer Review.«)

Anhand der Ergebnisse dieser systematischen Übersichtsarbeit sollte die Frage nach dem Einfluss von Hydroxylapatit auf die Osseointegration von Titanimplantaten beantwortet werden. Dazu wurde eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Scopus, Web of Science und Embase durchgeführt. Von insgesamt 671 Treffern wurden 15 Artikel in die Analyse einbezogen. In zwölf Studien wurde eine verbesserte Osseointegration bei Implantaten mit einer Beschichtung aus Hydroxylapatit beobachtet, während in drei Studien kein signifikanter Unterschied zwischen den beschichteten und unbeschichteten Implantaten festgestellt werden konnte.

Schlussfolgerung: Trotz der widersprüchlichen Ergebnisse führen Oberflächenbeschichtungen aus Hydroxylapatit nach Ansicht der Autoren zu einer signifikant besseren Osseointegration von Titanimplantaten, da diese die Aufnahme von Proteinen, die Adhäsion und die Proliferation von Knochenzellen begünstigt.

Norton MR, Åström M.

The Influence of Implant Surface on Maintenance of Marginal Bone Levels for Three Premium Implant Brands: A Systematic Review and Meta-analysis.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2020 Nov/Dec;35(6):1099-1111.

(»Der Einfluss der Implantatoberfläche von drei hochwertigen Implantatprodukten auf den Erhalt des krestalen Knochens: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Das Ziel dieser Metaanalyse war die Untersuchung des Einflusses der Oberflächen von Astra Tech OsseoSpeed (ATO), Straumann SLA/SLActive (SLA) und Nobel Biocare TiUnite (NBT) Implantaten auf das krestale Knocheniveau. Zu diesem Zweck erfolgte eine Pubmed-Literaturrecherche, die mit Recherchen in Google Scholar, Elsevier und Wiley ergänzt wurde. 37 ATO-, 23 SLA- und 53 NBT-Publikationen wurden in die Analyse einbezogen. Für die Einjahresanalyse standen Daten von 2.586 ATO-Implantaten, davon 1.490 SLA- und 3.948 NBT-Implantate zur Verfügung. Es konnten signifikant geringere krestale Knochenverluste für ATO-Implantate gegenüber SLA- und NBT-Implantaten sowie für SLA- gegenüber NBT-Implantaten ermittelt werden. Für den Fünfjahresvergleich standen 1.168, 202 und 1.683 Implantate aus der ATO-, SLA- bzw. NBT-Gruppe zur Verfügung. Auch hier wurden signifikant geringere krestale Knochenverluste bei ATO-Implantaten im Vergleich zu SLA- und NBT-Implantaten beobachtet. Zwischen SLA- und NBT-Implantaten wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt. **Schlussfolgerung:** Auf der Grundlage der aktuellen Metaanalyse wurden signifikante Unterschiede zwischen den Implantaten in Bezug auf den krestalen periimplantären Knochenverlust ermittelt, auch wenn alle Gruppen beim Einjahres- und Fünfjahres-Follow up nur geringe mittlere Veränderungen aufwiesen.

Patel V, Sadiq MS, Najeeb S, Khurshid Z, Zafar MS, Heboyan A.

Effects of metformin on the bioactivity and osseointegration of dental implants: A systematic review.

J Taibah Univ Med Sci. 2022 Aug 4;18(1):196-206.

(»Der Einfluss von Metformin auf die Bioaktivität und Osseointegration von Dentalimplantaten: Ein systematischer Review.«)

Metformin ist ein Medikament, das zur Behandlung eines Diabetes mellitus eingesetzt wird und für seine osteogenen Eigenschaften bekannt ist. Um die Wirkung von Metformin im In vitro- und Tierexperiment auf seinen lokalen Einfluss auf den kristallinen Knochenhalt bei diabetischen und nicht-diabetischen Studienmodellen zu untersuchen, wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. In vier Studien wurden nur Tiermodelle verwendet, in zwei Studien wurden sowohl Tier- als auch Zellkulturmodelle verwendet und in einer Studie wurden nur Zellkulturstudien durchgeführt. Die In vitro-Studien deuten darauf hin, dass Metformin-Stammzellen eine Osteoblasten-Differenzierung anregen und somit zu einer Verbesserung der Knochenneubildung und Osseointegration führen. Aufgrund potenzieller Verzerrungsrisiken, der eingeschränkten Studienqualität und dem niedrigen Evidenzniveau müssen die Ergebnisse jedoch mit Vorsicht interpretiert werden.

Pesce P, Menini M, Santori G, Giovanni E, Bagnasco F, Canullo L.

Photo and Plasma Activation of Dental Implant Titanium Surfaces. A Systematic Review with Meta-Analysis of Pre-Clinical Studies.

J Clin Med. 2020 Aug 31;9(9):2817.

(»Photo- und Plasmaaktivierung der Oberflächen von dentalen Titanimplantaten: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse präklinischer Studien.«)

Die Oberflächenfunktionalisierungen dentaler Titanimplantaten mittels ultravioletter (UV) Strahlung oder nicht-thermischer Plasmaaktivierung sind Oberflächenbehandlungsmethoden, welche die Osseointegration zu verbessern scheinen. Um ihre Wirksamkeit und die Unterschiede zwischen den beiden Verfahren zu untersuchen, erfolgte eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed/Medline, Scopus und Cochrane Library. Zehn von 518 Artikeln wurden in die Untersuchung eingeschlossen. Mittels vier Studien am Kaninchenmodell erfolgte eine Metaanalyse. Die qualitative Auswertung der Studien zeigte, dass sowohl die UV-Photofunktionalisierung als

auch die nicht-thermische Plasma-Argon-Funktionalisierung von Titanoberflächen zu einer Verbesserung der Osseointegration beitragen konnten. Die Metaanalyse ergab einen höheren BIC bei oberflächenaktivierten Titanimplantaten.

Rohr N, Hoda B, Fischer J.

Surface Structure of Zirconia Implants: An Integrative Review Comparing Clinical Results with Preclinical and In Vitro Data.

Materials (Basel). 2022 May 20;15(10):3664.

(»Die Oberflächenstruktur von Zirkonoxidimplantaten: Ein integrativer Review zum Vergleich klinischer Ergebnisse mit präklinischen und In vitro-Daten.«)

Das Ziel dieser Übersichtsarbeit war der Vergleich der Untersuchungsergebnisse von klinischen, präklinischen und In vitro-Zellstudien in Bezug auf die Oberflächenstruktur von Zirkonoxidimplantaten. Die zu diesem Zweck durchgeführte elektronische Literaturrecherche ergab 986 Treffer, von welchen 40 Studien in die Analyse aufgenommen wurden. In den klinischen Studien wurden nur mikrostrukturierte Oberflächen untersucht. Die niedrigsten kristallinen Knochenverluste wurden bei gesandstrahlten und anschließend geätzten Oberflächen beobachtet, gefolgt von gesinterten und gesandstrahlten Oberflächen. Bei der BIC war keine eindeutige Bevorzugung einer bestimmten Oberflächenstruktur zu erkennen, während der Removal Torque bei mikrostrukturierten Oberflächen etwas höher war als bei glatten Oberflächen. Alle Zellstudien zeigten, dass die Zellausbreitung und die Bildung des Zytoskeletts auf glatten Oberflächen im Vergleich zu mikrostrukturierten Oberflächen verbessert waren.

Scheeren Brum R, Apaza-Bedoya K, Labes LG, Volpato CÂM, Pimenta AL, Benfatti CAM.

Early Biofilm Formation on Rough and Smooth Titanium Specimens: a Systematic Review of Clinical Studies.

J Oral Maxillofac Res. 2021 Dec 31;12(4):e1.

(»Frühe Biofilmbildung auf rauen und glatten Oberflächen von Prüfkörpern aus Titan: Ein systematischer Review klinischer Studien.«)

Um den Einfluss der Oberflächenrauigkeit von Titan auf die Anlagerung von Biofilmen zu untersuchen, erfolgte eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Web of Science und Scopus. Untersuchungsgegenstand waren In vivo-Studien am Menschen, die mittels Prüfkörpern aus Titan über einen Zeitraum von ein bis drei Tagen durchgeführt wurden. Fünf Publikationen erfüllten die Einschlusskriterien und wurden in die Analyse einbezogen. Zu den glatten Titanoberflächen gehörten bearbeitetes und anodisiertes Titan/Ti-6Al-4V sowie bearbeitetes und säuregeätztes Titan-Zirkonoxid. Geringfügig, mäßig oder raue Oberflächen umfassten Titan und Titanlegierungen (TiZr, Ti-6Al-4V), die einer Oberflächenbehandlung unterzogen wurden (Anodisierung, Säureätzung, Bestrahlung, Hydroxylapatit-Beschichtung). In drei Studien wurde kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Biofilmbildung auf rauen und glatten Titanoberflächen festgestellt, während in zwei Untersuchungen eine stärkere Kontamination auf rauen Titanoberflächen erkannt wurde. **Schlussfolgerung:** Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass raue Oberflächen anfälliger für eine frühe Biofilmbildung sind als glatte Titanoberflächen. Es sind weitere Studien erforderlich, um diese vielfältige Wechselwirkung zu untersuchen.

Silva Lima Mendes DT, Leite Matos GR, Stewart de Araújo Souza SA, Souza Silva Macedo MC, Tavares DDS, Resende CX.

Does the incorporation of zinc into TiO₂ on titanium surfaces increase bactericidal activity? A systematic review and meta-analysis.

J Prosthet Dent. 2022 Oct 18:S0022-3913(22)00328-6. [Epub ahead of print].

(»Führt die Zugabe von Zink zu TiO₂ von Titanoberflächen zu einer erhöhten bakteriziden Wirksamkeit? Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Angesichts der zunehmenden Zahl antibiotikaresistenter Bakterien wurde die Einarbeitung von Zink in TiO₂-Beschichtungen auf Titanimplantaten entwickelt, um die Osseointegration zu fördern und die bakterielle Anlagerung zu hemmen. Um die Wirksamkeit dieses Verfahrens zu untersuchen, erfolgte eine Literaturrecherche in den Datenbanken Science Direct, Scopus, Web of Science und Pubmed. 20 Studien wurden für die qualitative Analyse und 16 Studien für die Metaanalyse ausgewählt. Die Metaanalyse ergab, dass Zink zu einer geringeren bakteriellen Aktivität auf TiO₂-Beschichtungen führte.

Silveira SR, Sahn BD, Kreve S, Dos Reis AC.

Osseointegration, antimicrobial capacity and cytotoxicity of implant materials coated with graphene compounds: A systematic review.

Jpn Dent Sci Rev. 2023 Dec;59:303-311.

(»Osseointegration, antibakterielle und zytotoxische Wirksamkeit von Implantatmaterialien mit einer Graphenbeschichtung: Ein systematischer Review.«)

Das Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Untersuchung des Einflusses von Graphenbeschichtungen auf Titanimplantaten auf die Osseointegration sowie die antibakterielle und zytotoxische Wirksamkeit. Zu diesem Zweck erfolgte eine systematische Suche von In vivo- und In vitro-Studien in den Datenbanken Pubmed, Embase, Science Direct, Web of Science und Google Scholar. 16 von 176 Artikeln wurden in die systematische Übersicht einbezogen. Die Verwendung von Graphenverbindungen als Beschichtungen auf der Oberfläche von Implantatmaterialien ist vielversprechend, da sie die Osseointegration fördern und eine antimikrobielle Wirkung haben. Es sind jedoch weitere Studien erforderlich, um das zytotoxische Potenzial nachzuweisen.

Simões IG, Dos Reis AC, Valente MLDC.
Influence of surface treatment by laser irradiation on bacterial

adhesion on surfaces of titanium implants and their alloys: Systematic review.

Saudi Dent J. 2023 Feb;35(2):111-124.

(»Der Einfluss einer Oberflächenbehandlung von Titan und Titanlegierungen mittels Laser auf die Bakterienadhäsion: Ein systematischer Review.«)

Um den Einfluss einer Laseroberflächenbehandlung auf die Adhäsion von Bakterien auf Titan und Titanlegierungen zu ermitteln, erfolgte eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Scopus, Embase und Science Direct, die mit einer Handsuche ergänzt wurde. Die meisten der ausgewerteten Studien zeigten, dass durch die Oberflächenbehandlung mittels Laserbestrahlung die chemische Zusammensetzung, Morphologie, Rauigkeit und Benetzbarkeit der Titanoberflächen verändert wird und a) zu einer geringeren Adhäsion von Bakterien führt und b) die Zusammensetzung der Bakterienarten, die sich auf den Titanoberflächen ansammeln, beeinflusst.

Simões IG, Dos Reis AC, da Costa Valente ML.

Analysis of the influence of surface treatment by high-power laser irradiation on the surface properties of titanium dental implants: A systematic review.

J Prosthet Dent. 2023 Jun;129(6):863-870.

(»Die Analyse des Einflusses einer Oberflächenbehandlung mittels Hochenergielaser auf die Oberflächeneigenschaften dentaler Titanimplantate: Ein systematischer Review.«)

Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Verifizierung des Einflusses einer Oberflächenbestrahlung mittels Hochenergielaser auf die Oberflächeneigenschaften von Titanimplantaten. Zu diesem Zweck wurde in den Datenbanken Pubmed, Lilacs, Cochrane Library und Science Direct eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Von den 725 ursprünglich ermittelten Artikeln wurden 27 Publikationen in die Analyse einbezogen. Die ausgewerteten Studien zeigten, dass die Laserbestrahlung je

nach der Einstellung und den Laserparametern die Oberflächeneigenschaften von Titan verändert. Im Allgemeinen erhöhten eine niedrigere Geschwindigkeit und eine höhere Anzahl von Laserscans die Oberflächenrauigkeit. Die Laseroberflächenbehandlung förderte den Einschluss von mehr Sauerstoff und verbesserte die Benetzbarkeit der Titanoberfläche. Außerdem verbesserte die Laserbehandlung die Haftung von Oberflächenbeschichtungen.

Stavropoulos A, Bertl K, Winning L, Polyzois I.

What is the influence of implant surface characteristics and/or implant material on the incidence and progression of peri-implantitis? A systematic literature review.

Clin Oral Implants Res. 2021 Oct;32 Suppl 21:203-229.

(»Welches ist der Einfluss der Oberflächeneigenschaften und/oder des Implantatmaterials auf die Entstehung und die Progression einer Periimplantitis? Ein systematischer Review der Literatur.«)

Das Ziel der systematischen Übersichtsarbeit war die Überprüfung des Einflusses der Oberflächeneigenschaften und/oder Materialien dentaler Implantate auf das Auftreten und den Verlauf einer Periimplantitis in präklinischen Studien am Tiermodell oder in klinischen Studien am Menschen. Metaanalysen aus Studien mit einer Ligatur-induzierten Periimplantitis im Hundemodell ergaben einen signifikant größeren röntgenologischen Knochenverlust bei Implantaten mit modifizierter Oberfläche im Vergleich zu nicht modifizierten Oberflächen sowie eine größere Fläche an infiltriertem Bindegewebe. In neun der 18 eingeschlossenen Studien wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Implantaten mit/ohne Oberflächenbehandlung beobachtet. Die klinischen und/oder röntgenologischen Daten von 7.605 Patienten mit 26.188 Implantaten aus 31 Publikationen zeigten insgesamt keine signifikanten Unterschiede in der Inzidenz einer Periimplantitis in Abhängigkeit von der Implantatoberfläche.

Schlussfolgerung: Präklinische In vivo-Experimente deuten darauf hin, dass die Oberflächeneigenschaften modifizierter Implantate einen signifikanten negativen Einfluss auf das Fortschreiten der Periimplantitis haben können, während Ergebnisse klinischer Studien diese Beobachtung nicht unterstützen. Zum Einfluss des Implantatmaterials auf eine Periimplantitis lassen sich aufgrund der eingeschränkten Studienlage keine Aussagen treffen.

Tardelli JDC, Bagnato VS, Reis ACD. **Bacterial Adhesion Strength on Titanium Surfaces Quantified by Atomic Force Microscopy: A Systematic Review.**

Antibiotics (Basel). 2023 Jun 1;12(6):994.

(»Die Untersuchung der Stärke einer bakteriellen Adhäsion auf Titanoberflächen mittels Rasterkraftmikroskopie: Ein systematischer Review.«)

Das Ziel der vorliegenden systematischen Übersicht war die Untersuchung des Einflusses biophysikalischer Faktoren auf die Interaktion von Bakterien mit Titanoberflächen mittels der Rasterkraftmikroskopie. Anhand der Literaturrecherche in vier Datenbanken wurden 1.126 Artikel identifiziert, von welchen fünf in die Analyse einbezogen wurden und zu folgenden Erkenntnissen führten: 1) Bakterien haften bevorzugt an Oberflächen mit gleicher Hydrophilie, können sich aber bei unterschiedlichen hydrophilen Eigenschaften (geringerer Hydrophilie als die Oberfläche des Substrates) über Wasserstoffbrückenbindungen an hydrophileren Oberflächen anhaften. 2) Oberflächenbehandlungen, die zu einer Verringerung der bakteriellen Adhäsion führen, wirken sich stärker auf die Reduzierung der Biofilmentstehung aus als die Oberflächenrauigkeit. 3) Die bakterielle Besiedlung sollte im zeitlichen Verlauf untersucht werden, da zeitabhängige Anpassungsmechanismen der Bakterien berücksichtigt werden müssen.

Van den Borre CE, Zigterman BGR, Mommaerts MY, Braem A.

How surface coatings on titanium

implants affect keratinized tissue: A systematic review.

J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2022 Jul;110(7):1713-1723.

(»Wie Oberflächenbeschichtungen auf Titanimplantaten das keratinisierte Weichgewebe beeinflussen: Ein systematischer Review.«)

Um die Auswirkung verschiedener Oberflächenbeschichtungen von Titanimplantaten auf die Ausbildung der periimplantären Weichgewebemanschette zu untersuchen, wurde eine systematische Literaturrecherche in verschiedenen elektronischen Datenbanken durchgeführt. Insgesamt wurden zwölf von 4.971 Veröffentlichungen in die Überprüfung einbezogen. Sowohl in Tier- als auch in Humanstudien wurde festgestellt, dass mehrere Beschichtungen die Weichgewebeintegration im Vergleich zu reinem Titan verbessern. Poröse Titanbeschichtungen mit nur begrenzten Porengrößen (<250 Mikrometer) unterstützen die Anhaftung von dermalen Fibroblasten nicht. Größere Poren (>700 Mikrometer) ermöglichen jedoch eine ausgedehnte vaskularisierte Infiltration des Weichgewebes und unterstützen so die Zellanhaftung. Es hat sich gezeigt, dass nanostrukturierte Keramikbeschichtungen die Entzündungsreaktion zugunsten der Bildung von Zelladhäsionsstrukturen, d. h. von Hemidesmosomen, verringern. Biomolekülbeschichtungen scheinen von besonderem Interesse zu sein, um das Verhalten des Weichgewebes zu stimulieren, sofern eine dauerhafte Fixierung an der Implantatoberfläche gewährleistet werden kann. In dieser Hinsicht bewirkt der Fibroblastenwachstumsfaktor 2, der in einer biomimetischen Apatitbeschichtung eingeschlossen ist, eine nahezu natürliche Anhaftung des Weichgewebes mittels epidermaler Kollagenfasern, die fast senkrecht zur Implantatoberfläche verlaufen. Trotz der vielversprechenden Erkenntnisse ist die Studienlage derzeit eingeschränkt. Weitere Untersuchungen sind daher erforderlich, bevor ein klarer Konsens über das optimale Beschichtungssystem zur Verbesserung der Weichgewebisanhaftung im Bereich des Implantathalses erzielt werden kann.

Wang F, Li C, Zhang S, Liu H.

Role of TiO₂ Nanotubes on the Surface of Implants in Osseointegration in Animal Models: A Systematic Review and Meta-Analysis.

J Prosthodont. 2020 Jul;29(6):501-510.

(»Der Einfluss von Nanotubes auf die Implantatoberfläche auf die Osseointegration im Tiermodell: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Diese systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse zielte darauf ab, die Erkenntnisse über die Auswirkungen von TiO₂-Nanotubes auf die Osseointegration von Implantaten in Tiermodellen zusammenzufassen. Zu diesem Zweck erfolgte eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Embase, Scopus und Google Scholar. 14 Manuskripte wurden für die systematische Überprüfung und die Metaanalyse berücksichtigt. Elf Studien zeigten anhand histologischer und Mikro-CT-Analysen sowie biomechanischer Tests bei TiO₂-Nanotubes bessere Werte in Bezug auf die Osseointegration als bei einfachen Titanoberflächen. Je größer die Durchmesser der TiO₂-Nanotubes waren, desto besser war die Osseointegration.

Wang S, Zhao X, Hsu Y, He Y, Wang F, Yang F, Yan F, Xia D, Liu Y.

Surface modification of titanium implants with Mg-containing coatings to promote osseointegration.

Acta Biomater. 2023 Oct 1;169:19-44.

(»Oberflächenmodifikation von Titanimplantaten mittels magnesiumhaltiger Beschichtungen zur Förderung der Osseointegration.«)

Titanimplantate haben positive Eigenschaften, wie eine gute Biokompatibilität, mechanische Festigkeit, Verarbeitbarkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die inerte Oberfläche von Titanimplantaten führt jedoch zu Verzögerungen bei der Osseointegration. Um den Einfluss von Beschichtungen mit Magnesium (Mg)-Ionen auf eine mögliche Beschleunigung der Osseointegration zu untersuchen, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, anhand welcher insgesamt 29 relevante Studien eingeschlossen werden konnten. Mg kann mit verschiedenen Materia-

lien gemischt und mit unterschiedlichen Methoden auf die Oberfläche von Titanimplantaten aufgebracht werden. In vitro- und In vivo-Versuche haben gezeigt, dass Mg-haltige Beschichtungen die Zelladhäsion und die osteogene Differenzierung fördern. Die Oberflächenrauigkeit von Implantaten nimmt mit dem Zusatz von Mg-haltigen Beschichtungen zu, was sich vermutlich positiv auf die Osseointegration des Implantats auswirkt. Mg-Ionen führen zudem zu einer verbesserten Zelladhäsion.

Wehner C, Lettner S, Moritz A, Andruhov O, Rausch-Fan X.

Effect of bisphosphonate treatment of titanium surfaces on alkaline phosphatase activity in osteoblasts: a systematic review and meta-analysis.

BMC Oral Health. 2020 Apr 25; 20(1):125.

(»Der Einfluss der Vorbehandlung von Titanoberflächen mittels Bisphosphonate auf die Aktivität der alkalischen Phosphatase bei Osteoblasten: Ein systematisches Review und eine Metaanalyse.«)

Hintergrund: Die Beschichtung von Zahnimplantaten mit Bisphosphonaten ist ein vielversprechendes Mittel zur Oberflächenmodifikation mit dem Ziel, den Osseointegrationsprozess und die klinischen Ergebnisse zu verbessern. Die biologischen Wirkungen von Bisphosphonaten werden hauptsächlich mit der Hemmung von Osteoklasten in Verbindung gebracht, während ihre Auswirkungen auf die Osteoblastenfunktion unklar sind. Das Potenzial von Bisphos-

phonat-beschichteten Oberflächen, die Osteoblastendifferenzierung zu stimulieren, wurde in mehreren In vitro-Studien mit widersprüchlichen Ergebnissen untersucht. Ziel dieser systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse war daher die Untersuchung der Wirkung von Bisphosphonat-beschichteten Implantatoberflächen auf die Aktivität der alkalischen Phosphatase in Osteoblasten. Zu diesem Zweck erfolgte eine systematische Literaturrecherche in den elektronischen Datenbanken Pubmed/Medline, Scopus und ISI Web of Science nach In-vitro-Studien. Elf Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Die Metaanalyse ergab, dass die Beschichtung von Titanoberflächen mit Bisphosphonaten die Aktivität der alkalischen Phosphatase in Osteoblasten nach drei, sieben, 14 und 21 Tagen erhöht. **Schlussfolgerung:** Die Metaanalyse deutet darauf hin, dass Bisphosphonat-Beschichtungen von Titan-Implantatoberflächen positive Auswirkungen auf das In vitro-osteogene Verhalten von Osteoblasten haben können. Weitere Studien sind erforderlich, um zu beurteilen, inwieweit Bisphosphonat-Beschichtungen die Osseointegration in klinischen Situationen verbessern können.

Yang S, Jiang W, Ma X, Wang Z, Sah RL, Wang J, Sun Y.

Nanoscale Morphologies on the Surface of 3D-Printed Titanium Implants for Improved Osseointegration: A Systematic Review of the Literature.

Int J Nanomedicine. 2023 Jul 26;18:4171-4191.

(»Nanomorphologien auf Oberflächen von 3D-gedruckten Titanimplantaten zur Verbesserung der Osseointegration: Ein systematischer Review der Literatur.«)

Der dreidimensionale (3D-)Druck ist der vielversprechendste Ansatz zur Herstellung individueller Titanimplantate für die präzise Behandlung komplexer Knochendefekte. Die bioinerte Natur des Titans schränkt jedoch seine Fähigkeit zur schnellen Osseointegration ein und beeinflusst somit die Lebensdauer des Implantats In vivo. 3D-gedruckte Titanimplantate haben aufgrund ihrer Oberflächenmorphologie im Nanobereich offensichtlich einen positiven Einfluss auf die Osseointegration. Um den Einfluss der Oberflächenstruktur 3D-gedruckter Titanimplantate auf die Osseointegration zu untersuchen, erfolgte eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Embase, Web of Science und Cochrane zu tierexperimentellen Studien. Von den 119 abgerufenen Artikeln erfüllten neun Studien die Einschlusskriterien. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine unregelmäßige Nanotextur, Nanopunkte und Nanoröhrchen mit einem Durchmesser von 40-105 Nanometern auf der Oberfläche von 3D-gedruckten Titanimplantaten im Vergleich zu unbehandelten/polierten Implantaten zu einer besseren Osseointegration führen, indem die Zelladhäsion, die Matrixmineralisierung und die osteogene Differenzierung durch eine erhöhte Integrin-Expression signifikant gefördert werden. Angesichts der geringen Anzahl von Studien und der Heterogenität der Studienprotokolle sollten die Ergebnisse jedoch mit Vorsicht interpretiert werden. ●

In der nächsten Ausgabe **pip** 2/2024: Sinuslift-Versorgungen (lateral, transkrestal, Trouble Shooting)

Wollen Sie mehr zu einer bestimmten Arbeit wissen?

Nutzen Sie unseren Volltext-Service auf www.frag-pip.de, senden Sie ein Fax an **0 30 761 80-680** oder eine E-Mail an leser@frag-pip.de. Wir recherchieren die Gesamtkosten bei den einzelnen Verlagen bzw. Textservices, Sie erhalten eine Gesamtkostenübersicht und können über uns bestellen.

Für **pip**-Abonnenten sind Recherche, Handling und Versand der Texte kostenlos!