

Welche Fragen sind noch offen in der Implantologie?

Ein Beitrag von Dr. Christian Gross, Priv.-Doz. Dr. Tobias Fretwurst, Prof. Dr. Katja Nelson, Prof. Dr. Dr. Rainer Schmelzeisen und Dr. Florian Kernen

FACHBEITRAG /// Die dentale Implantologie kann auf eine 80-jährige Erfolgsgeschichte zurückblicken. In den Anfangsjahren der Implantologie lag der Forschungsfokus auf der Verbesserung bzw. Modifikation der Implantatgeometrien und -oberflächen, um eine vorhersagbare Osseointegration und ein höheres Langzeitüberleben der Implantate zu ermöglichen. So haben sich schraubenförmige Titanimplantate mit mikro- und makrorauen Oberflächen durchgesetzt. Auf dem Boden dieser Forschung haben sich weitere Fragestellungen entwickelt, so werden aktuell Keramiken als Implantatwerkstoffe, die Ätiologie der Periimplantitis sowie die Implementierung des digitalen Workflows in der Implantologie wissenschaftlich betrachtet. Dieser Artikel möchte eine kurze Zusammenfassung mit den jeweils offenen Fragen dieser drei Forschungsfelder bieten.

Keramik als Implantatwerkstoff

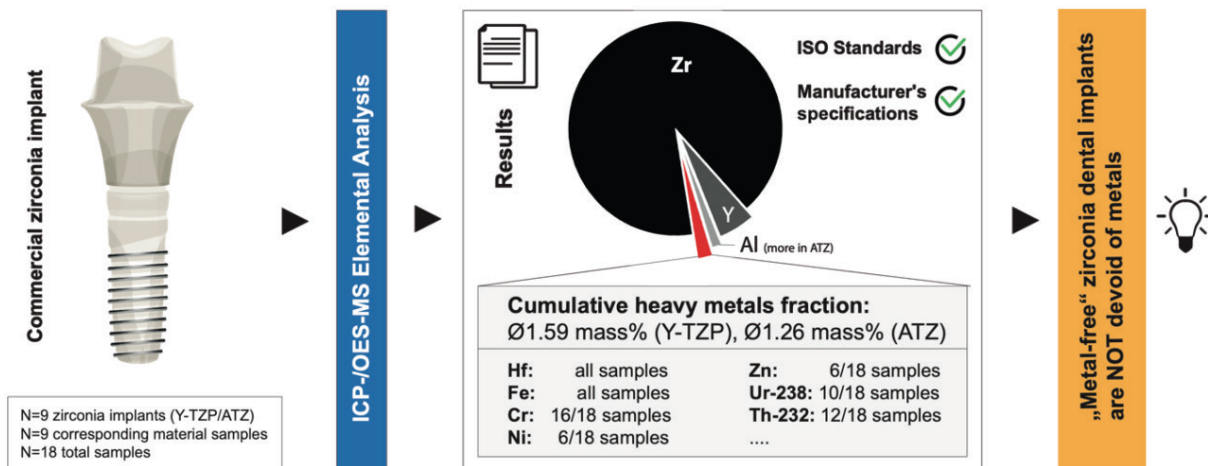
Mittlerweile bieten eine Vielzahl von Herstellern weiße Keramikimplantate aus Yttrium-Stabilised Tetragonal Zirconia Polycrystals (Y-TZP) oder Alumina-Toughened Zirconia (ATZ) an. Nach Erkenntnissen u. a. aus Vergleichsstudien konnte gezeigt werden, dass moderne Keramikimplantate aus Zirkoniumdioxid, wie Titanimplantate, biokompatibel sind, gut osseointegrieren und mittlerweile eine gute mechanische Belastbarkeit aufweisen.¹ Das Rohmaterial für die Produktion von Y-TZP-Keramikimplantaten ist natürlichen Ursprungs und kann somit diverse Verunreinigungen aufweisen. Die ISO-Norm ISO 13356 macht deshalb Vorgaben für die Materialzusammensetzung.² Eine Elementanalyse von kommerziell erhältlichen Keramikimplantaten mittels Massenspektrometrie und optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma zeigte neben den erwarteten Elementen Zirkonium, Yttrium und Hafnium auch eine Kontamination mit diversen anderen Schwermetallen und Radionukliden (Uran, Thorium), jedoch in Quantitäten weniger parts per million (ppm) (Abb. 1).³ Die klinische Relevanz dieser Verunreinigungen ist wahrscheinlich limitiert, jedoch nicht untersucht.

Keramikimplantate werden aufgrund der Annahme, dass alle Konstituenten als Oxidverbindungen vorliegen, als metallfrei bezeichnet. Es ist jedoch auch eine hydrothermale Alterung von Keramiken im wässrigen Milieu mit potenziellen Materialinstabilitäten bekannt.⁴

Offene Fragen in dieser Thematik sind aktuell: Welches Implantatüberleben und welchen Implantaterfolg haben Keramikimplantate in Langzeituntersuchungen (fünf bis zehn Jahre)? In diesem Zusammenhang: Weisen Keramikimplantate eine geringere Periimplantitis-Prävalenz auf als Titanimplantate? Verhält sich die periimplantäre Entzündungskinetik initial ähnlich wie an Titanimplantaten? Weiter ist unklar, ob Materialverunreinigungen oder Biokorrosion klinisch relevant sein könnten sowie ob Keramikimplantate überhaupt holistisch als „metallfrei“ zu bezeichnen sind.

Ätiologie der Periimplantitis

Die Periimplantitis wird als progressiver und Plaque-assoziiertes Knochenabbau um Implantate definiert.^{5,6} Aktuelle Studien fassen zusammen, dass die Periimplantitis im Vergleich zur Parodontitis sowohl in Bezug auf den Krankheitsverlauf, die Mikrobiologie als auch in



Bezug auf die immunhistologische Pathologie grundsätzliche Unterschiede aufweist.^{5,7,8} Zwei aktuelle Arbeiten konnten diesbezüglich konkretisieren, dass periimplantäre Läsionen eine höhere Anzahl von Makrophagen aufweisen als Parodontitis-Läsionen und dass diese Makrophagen eine proinflammatorische M1-Polarisationssignatur haben, welche eine Entzündung eher unterhält, als diese abzuschwächen (Abb. 2).^{9,10} Die Anzeichen mehren sich, dass aus dem Implantatkörper freigesetzte Partikel und Ionen eine Rolle bei der Entstehung oder der Unterhaltung der Periimplantitis spielen könnten.¹¹⁻¹³ Die Diagnostik der Periimplantitis ist beschränkt auf die radiologische Bildgebung (Zahnfilm und/oder OPG) und auf klinische Parameter wie das Bluten auf Sondieren (BOP) und Taschentiefenmessung (PPD) bezogen auf einen Ausgangswert (in der Regel Zeitpunkt der

Eingliederung der Suprakonstruktion). Ferner kann kein chirurgisches Standardprotokoll bei der Periimplantitistherapie herangezogen werden.¹⁴ Ob ausreichend attached (befestigte) Gingiva periimplantär eine Periimplantitis verhindern kann, wird zwar im klinischen Alltag angenommen, lässt sich wissenschaftlich aber bisher nicht sicher belegen.^{15,16} Auch die hierfür notwendige Menge der attached Gingiva ist umstritten.¹⁶ Die Forschung in diesem Feld der Implantologie hat hauptsächlich folgende offene Fragen: Welche Faktoren beeinflussen die periimplantäre Entzündung? Welche weiteren Risikofaktoren gibt es? Lassen sich diese modifizieren? Welche Präventionsmaßnahmen sind wissenschaftlich belegbar und welche Therapiekonzepte zur Behandlung sollte man standardmäßig einsetzen?

Abb. 1: Zusammenfassung einer Elementanalyse aktuell kommerziell erhältlicher Keramikimplantate. Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (aus Gross et al. 2020; mit freundlicher Genehmigung von Elsevier).

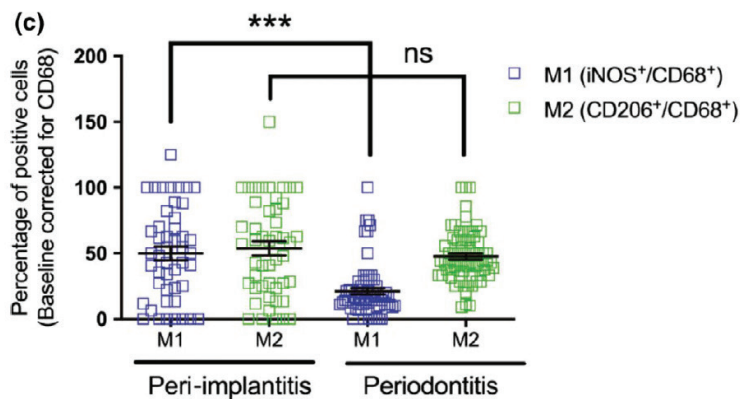


Abb. 2: Gewebe mit Periimplantitis zeigte eine spezifische M1-Makrophagensignatur im Vergleich zu Parodontitis (M1 Makrophagen proinflammatorisch, M2-Makrophagen antiinflammatorisch, nach Garaicoa-Pazmino et al. 2019 und Fretwurst et al. 2020, mit freundlicher Genehmigung von Wiley & Sons).

Digitaler Workflow

| Datenakquisition | CAD | CAM |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Digitale Bildgebung: | Softwaregestütztes Design/Planung: | Computergestützte Produktion: |
| – Radiologie (CT/DVT) | – Implantate | – Bohrschablonen |
| – Oberflächenscans | – Abutments | – Prothetische Komponenten |
| <i>Intraoral</i> | – Prothetische Restauration | |
| <i>Extraoral</i> | | |

Abb. 3:

Virtuelle Implantologie

Die Einführung digitaler Technologien revolutionierte die zahnärztliche Implantologie. Eine Verknüpfung von digital akquirierten Bildern, virtueller Planung und computergestützter Herstellung wird als die „digitale Prozesskette“ oder der „digitale Workflow“ definiert (Abb. 3).¹⁷ Dies ermöglicht schon zum Therapiebeginn einen vorhersagbaren und effizienteren Behandlungsablauf durch bessere Planbarkeit. Vor allem für unerfahrenere Kollegen kann dies in vielen Aspekten einen Vorteil erbringen, insbesondere die Risikoeinschätzung eines Eingriffs, die Vereinfachung der präoperativen Planung und die Visualisierung des Therapieziels.

Ein wichtiger Baustein des digitalen Workflows ist die Erhebung von intraoralen anatomischen Daten unter Anwendung des Intraoralscans (IOS). Die Präzision der Bilderfassung mit den Geräten ist bereits häufig untersucht, die Untersuchung der Genauigkeit (exakte/genau Darstellung der anatomischen Gegebenheit) ist bislang nur in vitro beschrieben.¹⁸ Für den klinischen Alltag zeigen die vorhandenen Untersuchungen, dass es neben eindeutigen Indikationen auch Limitationen dieser Art der Bildgebung gibt.¹⁸

Für den klinischen Alltag stellt sich also die Frage, ob ein Intraoralscanner allen Situationen gewachsen ist?

- **IOS eines einzelnen Implantats bei teilweiser Zahnlosigkeit:** Der IOS kann zur digitalen Abformung eines einzelnen Implantates verwendet werden.¹⁹
- **IOS mehrerer Implantate bei teilweiser Zahnlosigkeit:** Der IOS kann zur digitalen Abformung mehrerer Implantate in den meisten Fällen angewendet werden. Die Studien sind größtenteils in vitro durchgeführt, deshalb sind klinische Schlussfolgerungen mit Vorsicht zu ziehen. Eine Empfehlung der Autoren liegt hierbei, verschiedene subjektive klinische Parameter zu beachten, z. B. wie weit ist die Scanstrecke der unbezahnten Region, oder weist die Gingiva eine geometrisch informationsreiche Morphologie auf?²⁰
- **IOS mehrerer Implantate bei vollständiger Zahnlosigkeit:** Der IOS sollte zur digitalen Abformung bei vollständiger Zahnlosigkeit primär nicht verwendet werden. Es wird eine konventionelle Abformung empfohlen. Das Meistermodell kann folglich im Labor digitalisiert werden (Abb. 4).²¹

Abb. 4: Beispiele der drei beschriebenen klinischen Situationen. Während bei der teilweisen Zahnlosigkeit eine digitale Abformung durchgeführt werden kann (Abbildung links und Mitte), wird empfohlen, bei der vollständigen Zahnlosigkeit, eine konventionelle Abformung durchzuführen und diese zu digitalisieren (Abbildung rechts).



In der Literatur wird beschrieben, dass bei längerer Scanstrecke eine zunehmende Ungenauigkeit entsteht.²² Begründet wird dies mit dem fehlerhaften Zusammenfügen der einzelnen aufgenommenen Bilder des Scanners, kurz der „Stitching Prozess“. Dieser Prozess kann sich im zahnlosen Kiefer mit geringerer anatomischer Morphologie verschlechtern.

Daraus stellen sich aktuell die offenen Fragen über die Nutzung der IOS im teilbezahnten und unbezahnten Kiefer: Wie lang darf die gescannte Strecke für einen klinisch suffizienten IOS sein und welche Genauigkeit wird erreicht? Wie kann man die Genauigkeit der anatomischen Datenerhebung steigern?

Fazit

Offene Fragen bezüglich des richtigen Implantatwerkstoffs, der Interaktion des Implantats mit dem periimplantären Weichgewebe und assoziierten Entzündungsreaktionen, sowie der Digitalisierung der Implantologie bieten großen Spielraum für zukünftige Forschung.



Literatur

INFORMATION ///

Dr. Christian Gross

Priv.-Doz. Dr. Tobias Fretwurst

Prof. Dr. Katja Nelson

Prof. Dr. Dr. Rainer Schmelzeisen

Dr. Florian Kernen

Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie/

Translationale Implantologie

Universitätsklinikum Freiburg

Hugstetter Straße 55

79106 Freiburg im Breisgau

christian.gross@uniklinik-freiburg.de



Dr. Christian Gross
Infos zum Autor

Unsere Zahnputzfee

*Für ein märchenhaftes
Lächeln wie von
Zauberhand.*



Kelchbürsten und Prophylaxepolierer

- ✓ wirkungsvolle
Reinigung und Politur
- ✓ schonen das Weichgewebe
- ✓ latexfreie Polierer
- ✓ überzeugende Ergebnisse mit
unseren Polierpasten ProfiGuard,
ProfiPolish und ProphyRepair



direkt zu den
Prophylaxe-Produkten
auf www.becht-online.de

Becht®
ALFRED BECHT GMBH

BESSER BECHT.
MADE IN OFFENBURG.

www.becht-online.de