

Jens Tartsch

Die restaurativen Versorgungen mit Keramikimplantaten

INDIZES

Zirkondioxid, Übersichtsarbeit, einteiliges Keramikimplantat, zweiteiliges Keramikimplantat, verschraubt, zementiert, TZP, ATZ, Implantatposition, monolithisch, verblendet

ZUSAMMENFASSUNG

Die restaurative Versorgung von Implantaten aus Zirkondioxid wird mit der zunehmenden Verbreitung dieser Art von Implantaten auch im prothetischen Alltag immer mehr Relevanz erfahren. Dabei beginnt die restaurative Versorgung bereits mit der korrekten Positionierung der Implantate. Es müssen die besonderen Konstruktionsmerkmale der Implantate sowie die gegenüber Titan unterschiedlichen Materialeigenschaften berücksichtigt werden. Die prothetischen Protokolle sind dabei noch sehr systemabhängig und können nicht verallgemeinert werden. Einteilige Implantate erfordern andere Herangehensweisen als zweiteilige Implantate. Letztere kommen bei der restaurativen Versorgung von Einzelkronen und festsitzendem Zahnersatz den Titanimplantaten bereits sehr nahe. Wenn auch die Datenlage noch gering ist, liefern sie in diesen Bereichen nahezu vergleichbare Ergebnisse. Bei herausnehmbarem Zahnersatz beschränkt sich die Datenlage noch auf Falldarstellungen, entsprechende prothetische Versorgungen können jedoch bereits realisiert werden. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den wichtigsten Grundlagen zu dem Material „Zirkondioxid“, geht auf die derzeit verfügbare Datenlage ein, zeigt die Unterschiede von ein- und zweiteiligen Implantaten auf und gibt anhand von Falldarstellungen praktische Hinweise für die restaurative Versorgung der jeweiligen Implantatgruppen.

Manuskripteingang: 18.07.2023, Annahme: 22.08.2023

Einleitung

Die Einschätzung von Keramikimplantaten als Nischenprodukte muss heute revidiert werden. In der klinischen Realität haben sie sich neben Titanimplantaten zu einer ernstzunehmenden Ergänzung des Behandlungsspektrums entwickelt¹. Implantate aus Zirkondioxid stellen metallfreie Versorgungskonzepte dar und weisen eine hohe biologische Verträglichkeit² auf. Vor allem seitens der Patienten hat daher die Nachfrage nach Keramikimplantaten in den letzten Jahren zugenommen³.

Aber auch die klinischen Vorteile wie verbesserte Ästhetik^{4,5}, gesündere Weichgewebe

oder verringerte periimplantäre Entzündungsneigung⁶⁻⁸ können heute bei mit Titanimplantaten vergleichbaren Überlebensraten⁹ erfolgreich genutzt werden. Ermöglicht hat dies eine rasante Weiterentwicklung von Material, Oberflächen und Implantatgeometrien. Dieses Entwicklungstempo führt jedoch auch zu einem sehr schnelllebigen und heterogenen Markt, auf welchem manche Systeme nach nur kurzer Zeit wieder verschwinden und neue präsentiert werden. Die Konsequenz ist eine ebenso heterogene Datenlage: Relevante Untersuchungen beziehen sich auf nicht mehr verfügbare Systeme, für neue Systeme sind noch keine Studien verfügbar.

So erinnert die Situation in der heutigen Keramikimplantologie ein wenig an die Titanimplantologie der 90er Jahre mit ihren Hohlzylindern, Nadel- oder Blattimplantaten und den noch sehr unterschiedlichen Oberflächentopografien. Letztendlich hat sich dies bis heute weitgehend konsolidiert. Die Systeme unterscheiden sich meist lediglich in Details und nicht mehr im Konzept. Goldstandard ist das zweiteilige Titanimplantat. Diesen Prozess durchläuft heute auch die Keramikimplantologie.

Vor diesem Hintergrund hat sich auch die prothetische Versorgung von zahnärztlichen Implantaten aus Zirkondioxid (ZrO_2) zu einem neuen, aber wichtigen Bereich der modernen Zahnmedizin entwickelt.

Leider ist die Datenlage auch zur prothetischen Versorgung von Keramikimplantaten noch dürftig. Sie bezieht sich aktuell lediglich auf Einzelzahnrestaurationen und kleinere Brückenversorgungen. Im vorliegenden Übersichtsbeitrag wird die daher vorhandene literaturbasierte Evidenz mit praktischen Empfehlungen und klinischen Erfahrungswerten aus dem eigenen Umgang mit Keramikimplantaten ergänzt.

Grundlagen zu Zirkondioxid

Die prothetischen Verbindungskonzepte und die restaurativen Protokolle von Keramikimplantaten ähneln zwar weitgehend jenen der Titanimplantate, jedoch weisen sie auch gewisse Unterschiede auf. Solche Unterschiede sind vor allem auf unterschiedliche Materialeigenschaften von Titan und Zirkondioxid zurückzuführen. Für die erfolgreiche prothetische Versorgung sind somit auch die Grundkenntnisse zum Material der Keramikimplantate von klinischer Bedeutung.

Materialgrundlagen

So ist unter anderem auch das bioinerte Verhalten von Keramikimplantaten auf die Materialeigenschaften von Zirkoniumdioxid zurückzuführen. Bioinert bedeutet hierbei, dass es zu keiner chemischen und/oder biologischen Wechselwirkung zwischen Implantat und Gewebe kommt. Das natürliche Ausgangsmaterial „Zirkon“ ist zwar ein Metall,

wird aber durch Reaktion mit Sauerstoff vollständig zu Zirkoniumdioxid und damit irreversibel zu einem „Metalloxid = Keramik“ oxidiert. Im Metall „Titan“ sind die Elektronen noch frei beweglich und daher noch sehr reaktionsfähig. Im keramischen Zirkoniumdioxid sind sie jedoch in echten kovalenten Bindungen fest „verankert“ und damit nicht mehr reaktiv. Diese geringe Reaktivität trägt zu den besonderen Eigenschaften der Keramik wie geringe thermische (cave: Überhitzung bei Insertion!) und elektrische Leitfähigkeit, niedrige Oberflächenspannung, geringe Löslichkeit/„Korrosion“ und damit geringere Wechselwirkungen mit den umgebenden Geweben bei. Andererseits ist damit auch eine gegenüber Titanimplantaten unterschiedliche Bruchanfälligkeit verbunden.

Die in der Vergangenheit beschriebenen hohen Frakturaten von 3,4 % konnten durch die Weiterentwicklung der Materialeigenschaften bei den heute auf dem Markt verfügbaren Keramikimplantaten deutlich, auf 0,2 %, reduziert werden¹⁰. Diese Verbesserung wurde sowohl in statischen als auch in dynamischen Bruchfestigkeitsprüfungen nach ISO 14801 bestätigt¹¹. Dadurch sind die meisten modernen keramischen Implantatsysteme auch hinsichtlich der Bruchfestigkeit als für den klinischen Einsatz geeignet einzustufen¹². Interessanterweise wurden bei diesen Bruchversuchen keine Abutment- oder Schraubenfrakturen festgestellt¹³. Auch erfolgte die erzwungene Fraktur nicht im Bereich des Implantat-Interface (Verbindungsbereich Implantat – Abutment), sondern stets im Bereich des Implantatkörpers. Natürlich haben die Qualität des Materials und der Herstellungsprozess ebenso Einfluss auf die Stabilität. Es empfiehlt sich daher, auf qualitativ hochwertige Produkte zurückzugreifen.

Von besonderer Bedeutung ist die mikrokristalline Struktur von Zirkoniumdioxid. In seiner kristallinen Struktur liegt es zunächst in einer weicheren, instabilen monoklinen Phase (monoklines Kristallgitter) vor. Während des Herstellungsprozesses wird diese monokline Phase bei einem Druck von bis zu 2.000 bar und einer Temperatur von 1.170°C in die gewünschte härtere und stabile tetragonale Phase umgewandelt (Hot Isostatic Pressing; HIP). Diese Kristalle werden als tetragonale Zirkoniumdioxid-Polykristalle (TZP) bezeichnet. Das Volumen

der Kristalle wird dabei um 3–5 % verringert. Die gewünschte tetragonale Phase hat jedoch die Tendenz, unter Energieeinfluss in die instabilere monoklonale Phase zurückzufallen. Dieser Prozess wird als Phasenumwandlung oder Phasentransformation bezeichnet und geht mit einer Verringerung der Dichte, Zähigkeit und Härte einher¹⁴.

Um die Phasenumwandlung von tetragonal zurück zu monoklonal zu reduzieren, werden stabilisierende Oxide (Yttriumoxid) mit einem Volumenanteil von 2–3 % zugesetzt. Yttriumoxid erhöht die für die Phasenumwandlung erforderliche Energie, wodurch die Phasenumwandlung erschwert wird. Man spricht nun von Y-TZP¹⁵.

Moderne Kompositkeramiken

Durch zusätzliche Modifikation der Keramikzusammensetzung konnten die Materialeigenschaften weiter optimiert werden. So hat das ursprüngliche Y-TZP eine durchschnittliche Biegefestigkeit von 1.100 MPa. Durch die Zugabe von bis zu 0,5 Vol.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) wird diese Biegefestigkeit weiter auf 1.200 MPa gesteigert¹⁶. Dieses Material wird nun TZP-A genannt.

Die neueste Generation von keramischen Verbundwerkstoffen stellt das „Alumina Toughened Zirconia“ (ATZ) dar. Der Volumenanteil von Aluminiumoxid wurde auf 20 % erhöht. Al_2O_3 dient als Stabilisator und reduziert oder blockiert die Rissausbreitung. Infolgedessen hat sich die Biegefestigkeit fast verdoppelt auf 2.000 MPa und die Umwandlung von der monoklinen in die tetragonale Phase ist deutlich reduziert worden^{17,18}. Die meisten der heutigen verwendeten Keramikimplantate und -abutments bestehen aus TZP-A oder aus ATZ.

Die derzeitige Evolution der Biokeramik ist noch nicht abgeschlossen. So forscht man derzeit an der Hinzugabe weiterer stabilisierender Oxide wie Cerium. Über dieses Ce-TZP soll künftig möglicherweise die Elastizität des Materials erhöht werden¹⁹.

Klinische Aspekte der Materialeigenschaften

Auch in der täglichen Praxis spielen die beschriebenen Materialeigenschaften eine wichtige Rolle.

Im Gegensatz zu Titanimplantaten können Keramikimplantate beschliffen werden. Manche einteilige und zweiteilige verklebte Systeme sind konzeptionell sogar darauf ausgelegt und müssen vor der prothetischen Versorgung beschliffen werden. Durch das Beschleifen der Implantate können Implantatposition und Achsneigung korrigiert oder die Implantatschulter an den Marginalsaum angepasst werden²⁰. Das Beschleifen der Implantate sollte dabei keinen Einfluss auf die Bruchfestigkeit haben²¹. Jedoch wird hierdurch Energie in das Kristallgefüge eingebracht, was zu Micro-Cracks und letztendlich zu dem Risiko einer Phasentransformation führen kann. Die Folge wäre im schlimmsten Falle die Fraktur des Implantates und damit dessen Verlust. Sofern nicht vermeidbar, sollten Keramikimplantate generell nur mit Bedacht und den geeigneten Instrumenten beschliffen werden (Rotringdiamant, ausreichende Kühlung, intermittierend).

Manche einteilige Systeme sind aus diesem Grunde nicht für das Beschleifen freigegeben und müssen entsprechend sowohl vertikal als auch horizontal exakt positioniert werden.

Auch aus anderen Gründen spielt die exakte Positionierung eines Keramikimplantes eine besondere Rolle. Die für den klinischen Einsatz notwendige Bruch- und Biegefestigkeit ist bei den modernen Zirkondioxidsystemen zwar gegeben, jedoch verfügt ZrO_2 über einen höheren E-Modul und damit eine geringere Elastizität als Titan²². Dadurch ist Zirkondioxid stärker auf Druck- als auf Zug- und Biegekräfte belastbar²³. Solche Zug- und Biegekräfte können bei weit ausladenden Konstruktionen oder einseitigen Überhängen mit übermäßigen Hebelkräften entstehen. Das Implantat sollte daher möglichst zentral unter der Restauration positioniert werden. Ausladende „Balkone“ und Überlastungen durch zu starke Laterotrusions- oder Frühkontakte müssen vermieden werden.

Restaurative Materialien

Für die prothetische Versorgung von Implantaten aus Zirkondioxid sollte konsequenterweise ebenfalls auf ein metallfreies bzw. vollkeramisches Restaurationsmaterial zurückgegriffen werden. Jedoch stehen nur sehr wenige Daten zu Restaurationen



Abb. 1 Implantat in situ.



Abb. 2 Grauschimmer durch zu hohe Transluzenz des monolithischen Lithiumdisilikats.



Abb. 3 Das verblendete Zirkongerüst verhindert das Durchschimmern des dunklen Hintergrundes.

auf Keramikimplantaten zu Verfügung. Im Wesentlichen beziehen sich diese Daten auf die Versorgung von Titanimplantaten²⁴. Inwieweit die Daten daher direkt übertragbar sind, müssen künftige Untersuchungen zeigen. Lediglich eine systematische Übersichtsarbeit²⁵ bezieht sich auf die Versorgung von Keramikimplantaten in den klassischen Indikationen Einzelzahnversorgung und kleinere Brücken, welche ähnliche Überlebensraten aufwiesen.

Die praktische Erfahrung zeigt jedoch kaum Unterschiede bei der Versorgung von Keramik- und Titanimplantaten für diese Indikationen²⁵. Generell können monolithische Restaurationen aus Zirkondioxid oder Lithiumdisilikat sowie verblendete Zirkondioxid-Restaurationen zum Einsatz kommen²⁶. Kunststoffverstärkte Materialien mit Keramik-Polymer-Netzwerkstruktur wie Vita Enemic (Fa. VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) stellen mögliche weitere Optionen dar. Inwieweit die

höhere Elastizität als „dämpfendes Element“ tatsächlich einen Vorteil darstellt, muss künftig untersucht werden.

Vollverblendete Zirkongerüste zeigten wie bei Titanimplantaten^{27,28} die meisten technischen Komplikationen²⁹. Hierzu gehörten vor allem Verblendfrakturen³⁰ und Chipping sowie erhöhte Rauigkeitswerte³¹. Jedoch bringen sie die besten ästhetischen Ergebnisse. Aus diesem Grund sind sie in der Praxis des Autors dem Frontzahnbereich vorbehalten. Optional kann hier auch auf Lithiumdisilikat zurückgegriffen werden. Bei zweiteiligen Implantaten können die Keramikabutments dabei direkt überpresst werden. Bei zu hoher Transparenz und bei zu geringen Materialstärken kann es aufgrund des palatinalen Schraubenkanales zu einem Grauschimmer kommen. Mit einem verblendeten Zirkongerüst mit geringer Gerüsttransparenz und hoher Transluzenz der Verblendung kann dies vermieden werden (Abb. 1 bis 3).

Der Prämolaren- und Molarenbereich bleibt in der Praxis des Autors den monolithischen Materialien vorbehalten. Leider liegen noch keine klinischen Vergleichsdaten über die Unterschiede der monolithischen Materialien vor. Eine evidenzbasierte Empfehlung kann daher noch nicht abgegeben werden³², jedoch lautet das Auswahlprotokoll im Falle der Praxis des Autors wie folgt:

Das Material der Wahl für ästhetische Ansprüche im Molaren- und Prämolarenbereich ist Lithiumdisilikat. Eine genügende Schichtstärke muss gewährleistet sein und das Gefüge sollte nicht durch einen Schraubenkanal unterbrochen werden. Lithiumdi-

silikat eignet sich somit am ehesten für zementierte Einzelkronen-Restaurationen.

Für transokklusal verschraubte Restaurationen im Seitenzahnbereich und für die Brückenversorgung werden ebenfalls monolithische Restaurationen bevorzugt, jedoch aus Zirkoniumdioxid. Für diese Vorgehensweisen wurden die geringsten technischen Komplikationen beschrieben^{25,33}. Zirkondioxid gewährleistet auch ohne Gerüstunterstützung genügend Stabilität für einen okklusalen Schraubenkanal. Jedoch ist es wegen seiner geringen Transluzenz nur in Ausnahmefällen für den ästhetisch anspruchsvollen Frontzahnbereich geeignet.

Für herausnehmbaren Zahnersatz stehen verschiedene Materialien für die Gerüstgestaltung zu Verfügung. Dabei hat sich Zirkondioxid als Material für die Teleskopversorgung auch auf Keramikimplantaten bereits in Einzelfällen klinisch bewährt. Für das Tertiärgerüst können Polyetheretherketon(PEEK)-Materialien zum Einsatz kommen. Die Sekundärteleskope werden hierbei ebenfalls aus PEEK gefertigt. Das Gerüst und die Sekundärteleskope können aus einem Blank gefräst werden und bestehen somit aus einem Stück. Dies bringt den Vorteil hoher Stabilität, jedoch muss völlige Spannungsfreiheit gewährleistet sein. Sollten jedoch bei der Gerüsteinprobe Spannungen erkennbar sein, muss in den allermeisten Fällen das Gerüst neu angefertigt werden. Korrekturen sind kaum möglich. Spannungsfreiheit kann nur sicher gewährleistet werden, wenn die Sekundärteleskope und das Gerüst separat gefertigt und analog zu Galvanoteleskopen mit dem Gerüst intraoral verklebt werden.

Implantat- und Versorgungskonzepte

Die Eigenschaft der „Steifigkeit“ hat auch Einfluss auf die Gestaltung der Implantat-Abutment-Verbindung (Interface) und damit auch direkt auf die restaurative Versorgung.

So ist beispielsweise die konische Innenverbindung mit ihrer angestrebten „Kaltverschweißung“ bei Titanimplantaten ein bewährtes Konzept. Bei Keramikimplantaten bedarf jedoch eine solche Einleitung von Zug- und Biegekräften in das Innere der

Implantat-Abutment-Verbindung höchster Präzision. Anderenfalls kann es durch den Kontakt von „hartem“ Abutment mit „hartem“ Implantat zu unerwünschten internen Spannungen kommen, welche das Frakturrisiko erhöhen. Die Herausforderung in der Weiterentwicklung von Keramikimplantaten besteht heute daher in der Frage, wie spannungsfreie Implantat-Abutment-Verbindungen zu realisieren sind. Aus dieser Fragestellung heraus entstanden die unterschiedlichen Implantatkonzepte mit ihren spezifischen Versorgungsoptionen.

Einteilige Implantate

Einteilige Keramikimplantate waren die ersten verfügbaren Systeme^{34,35} und kommen auch heute noch mehrheitlich zum Einsatz³⁶. Sie verfügen damit über die längste wissenschaftliche Evidenz und sind aufgrund der verfügbaren guten Datenlage weithin anerkannt. Bestätigt wurde dies durch einen Prä-Print der für Dezember 2023 zur Veröffentlichung angekündigten S3-Leitlinie „Keramikimplantate“ der Deutschen Gesellschaft für Implantologie (DGI). Hier heißt es: „Einteilige Zirkonoxidimplantate sind ein valides und einsatzbereites therapeutisches Verfahren und können als alternative Behandlungsoption eingesetzt werden³⁷.“

Durch ein einteiliges Implantat wird das Problem der Implantat-Abutment-Verbindung elegant gelöst: Es gibt keine (!) Verbindung. Abutment und Implantat sind aus einem Stück gefertigt und können so einfach und kostengünstig produziert werden. Es handelt sich um einen homogenen, hermetisch dichten Block ohne Micro-Gap. Die Restauration erfolgt, analog zur Restauration beim natürlichen Zahn, ausschließlich durch Zementieren. Dies lässt jedoch die in der Implantologie gewünschte Flexibilität und Reversibilität vermissen.

Die Abformung erfolgt in konventioneller oder digitaler Weise nach Legen eines Retraktionsfadens, welcher jedoch zunächst die gewünschte Hemidesmosomenhaftung zwischen Weichgewebe und Implantatthals unterbricht. Auch ist die Implantatschulter bei einem gegenüber dem natürlichen Zahn eher geringen Implantatdurchmesser und der oft stärkeren Weichgewebeüberlappung durch die Abformung nicht immer einfach darstellbar. Man-



Abb. 4 Zu tief liegende Implantatschulter.



Abb. 5 Zu tief liegendes Implantat und Abformkappe.



Abb. 6 Beschliffenes Keramikimplantat.

che Systeme bieten daher Übertragungskapen und passende Laboranaloge an. Solche Übertragungshilfen sind auch hilfreich, sofern die Implantatschulter zu weit subgingival zu liegen kommen sollte, was eine präzise Abformung erschweren würde. Genutzt werden können solche Abdruckkappen jedoch nur, sofern die Geometrie des Implantates erhalten und nicht durch Beschleifen verändert wurde (Abb. 4 und 5).

In manchen Fällen muss jedoch eine supra-gingival liegende und damit sichtbare Implantatschulter oder eine nicht ganz ideale Achsneigung durch moderates Beschleifen korrigiert werden²⁰. Eine zu weit abweichende Achsneigung kann durch Beschleifen nicht mehr korrigiert werden (Abb. 6).

Generell sind einteilige Implantate strikte Tissue-Level-Implantate, d. h. die Implantatschulter ist epigingival bis max. 1 mm subgingival zu platzieren. Der Grund hierfür liegt darin, dass die restaurative Versorgung nur durch Zementieren der Restaura-

tion erfolgen kann. Wird die Implantatschulter tiefer als 1,0–1,5 mm positioniert, sind Zementreste möglicherweise nicht mehr vollständig und zuverlässig entfernbare, was das Risiko einer „Zementitis“ (periimplantäre Entzündung durch Zementreste) mit sich bringt³⁸. Die Entwicklung der Weichgewebe und damit die Position der Implantatschulter zum Zeitpunkt der Restauration sind nach dem Eingriff nicht immer vorhersehbar. Ist der Zugang für die Zemententfernung eingeschränkt, können „Vor-zementieren“ auf dem Laborstumpf oder Löcher in der Restauration („Venting Holes“) als Abflusskanäle ein Einpressen des Zementes in den tiefen Implantatsulkus verhindern und die Zemententfernung vereinfachen^{39,40} (Abb. 7 und 8).

Wegen der im Vergleich zu kompositbasierten Zementen einfacheren Entfernbarkeit und der besseren Gewebeverträglichkeit empfiehlt es sich, die Restauration auf einteiligen Keramikimplantaten mit Glasinomorzementen zu zementieren. Eine Dezementierung wurde kaum beobachtet²⁵.

Tissue-Level-Implantate verfügen über einen je nach System unterschiedlich hohen Implantathals von 1,5–2,0 mm Höhe. Für eine bessere Weichgewebeanlagerung ist dieser Bereich nicht wie der Implantatkörper mit Oberflächenrauigkeiten versehen, sondern nahezu glatt gestaltet (maschiniert). Der Übergang vom Implantathals zum Implantatkörper liegt oberhalb des ersten Gewindeganges und sollte epikrestal positioniert werden. Wird das Implantat bspw. bei einem dünnen Biotyp oder im ästhetischen Frontzahnbereich tiefer platziert, kommt es meist zu einem Knochenrückgang bis zu dieser Grenze. Dieses



Abb. 7 „Venting Holes“ in der monolithischen Rekonstruktion.



Abb. 8 Zementabfluss durch die Abflusskanäle („Venting Holes“).

„Bone Remodeling“ erfolgt in den ersten 3 Monaten der Einheilphase, ist der biologischen Breite geschuldet und bleibt in der Folge jedoch stabil⁴¹. Vor allem im ästhetischen Frontzahnbereich kann dies bei geringem Knochenangebot und dünnem Phänotyp zu unerwünschten Rezessionen führen. Als Resorptionsschutz empfiehlt sich daher auch bei Keramikimplantaten eine laterale Konturaugmentation⁴².

Einteilige Implantate können jedoch wegen dem integrierten Abutment nicht gedeckt werden, sondern müssen offen und transgingival einheilen. Dies erschwert ausgedehnte augmentative Maßnahmen. Auch ragt das Abutment in die Mundhöhle und muss provisorisch versorgt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die provisorische Restauration sicher außer Kontakt steht und vor Überlastungen geschützt ist. Zudem muss das Implantat für eine gesicherte Osseointegration über eine ausreichende Primärstabilität mit einem „Insertion Torque“ von mindestens 30 Ncm verfügen^{43,44}.

Zweiteilige Implantate

Einteilige Titanimplantate sind nur noch selten und nur in spezifischen Indikationen zu finden. Als Goldstandard gelten in der modernen Implantologie zweiteilige Implantate. Sie bieten eine umfangreiche Indikationsbreite, ermöglichen unbelastete Einheilphasen und augmentative Verfahren nach primärem Wundverschluss. Sie sind dabei reversibel und flexibel (Abb. 9).

Der Trend geht deshalb auch in der Keramikimplantologie hin zu zweiteiligen Systemen.



Abb. 9 Zweiteiliges Keramikimplantat mit Vicarbo-Schraube.

Jedoch sind im Vergleich zu einteiligen Systemen Evidenz und Studienlage aufgrund der noch kürzeren Verfügbarkeit eher noch gering. Vor diesem Hintergrund äußert sich die bereits erwähnte Vorabfassung der DGI-S3-Leitlinie zu zweiteiligen Keramikimplantaten: „Auf Basis der vorliegenden Daten konnte keine abschließende Aussage über den Einsatz zweiteiliger Keramikimplantatsysteme getroffen werden, sodass der Einsatz nur nach ausführlicher Aufklärung des Patienten über das Fehlen klinischer Langzeitdaten empfohlen werden kann³⁷.“

Der wissenschaftliche Beirat der Europäischen Gesellschaft für Keramikimplantologie (ESCI) betrieb ebenfalls Literaturrecherche zu diesem Thema und beschäftigte sich zudem vertieft mit der klinischen Anwendung von zweiteiligen Keramikimplantaten. Auf dieser Basis wurde das offizielle Statement der ESCI zu zweiteiligen Keramikimplantatsystemen⁴⁵ formuliert. Die Kernaussagen sind:

- Das zweiteilige Zirkonoxidimplantatkonzept bietet gegenüber dem einteiligen Konzept Vorteile hinsichtlich der prothetischen Flexibilität und der klinischen Indikationen.
- Zweiteilige Zirkonoxidimplantate können klinischen Kaukräften widerstehen.
- Die Bruchfestigkeit und mechanische Stabilität von zweiteiligen Zirkonoxidimplantaten können in Abhängigkeit von unterschiedlichen Herstellungsverfahren, Materialeigenschaften, Implantatgeometrien und prothetischen Verbindungskonzepten variieren.
- Einteilige und zweiteilige Zirkonoxidimplantate weisen den gleichen Grad an Osseointegration und biologischer Integrität auf.
- Für klinische Erfolge sollten die Richtlinien des jeweiligen Herstellers für die strikte Anwendung bei den angegebenen klinischen Indikationen für das jeweilige zweiteilige Zirkonoxidimplantat beachtet werden.
- Der Wissenschaftliche Beirat der ESCI stellt auf der Grundlage der oben genannten Schlussfolgerungen fest, dass das zweiteilige Zirkonoxidimplantatkonzept für die klinische Anwendung geeignet ist.

Das wichtigste Argument für zweiteilige Systeme ist die Flexibilität. Auch mit Keramikimplantaten muss in vielen Situationen auf diese prothetische „Flexibilität“ und „Reversibilität“ im klinischen Alltag Wert gelegt werden. So bieten sie gegenüber einteiligen Implantaten Vorteile bspw. bei zu stark divergierenden Pfeilern (Korrekturmöglichkeit durch Abutmentoptionen), bei ausgedehnten augmentativen Maßnahmen (gedeckte Wundheilung, Primärverschluss), in reduziertem Restzahnbestand oder bei zahnlosen Kiefern (unbelastete Einheilphase) und im weicheren D3- oder D4-Knochen (für Sofortversorgung zu geringe Primärstabilität).

Wie eingangs beschrieben stellt dabei die spannungsfreie Gestaltung der Implantat-Abutment-Verbindung die größte Herausforderung für die „Zweiteiligkeit“ der Systeme dar. Dementsprechend werden von den verschiedenen Herstellern teils sehr unterschiedliche Verbindungskonzepte mit einer breiten Materialvielfalt angeboten. Die Abutments bestehen meist aus TZP-A- oder ATZ-

Keramik, jedoch werden auch Abutments aus Glasfaserstiften, PEEK oder Titan angeboten. Die Abutments werden dann mit dem Implantat verklebt oder mit Schrauben aus Gold, Titan, Keramik oder Karbonfaser verschraubt. Entsprechend groß sind auch die Unterschiede der jeweiligen Protokolle für die restaurative Versorgung. Daher wird an dieser Stelle nur auf die wesentlichen Grundzüge der Versorgungskonzepte eingegangen.

Verklebte Abutmentverbindung: zweiteiliges Implantat, zementiertes Abutment

Zweiteilige verklebte Systeme nutzen neben der Korrekturmöglichkeit einer divergenten Achsneigung den Vorteil der „Zweiteiligkeit“ vor allem während der Einheilphase. Durch die Möglichkeit der gedeckten Wundheilung können im Gegensatz zum einteiligen Implantat nun auch ausgedehntere augmentative Maßnahmen durchgeführt werden⁴⁶ und es kann eine unbelastete Einheilung erfolgen. Nach der Einheilphase wird das Abutment definitiv und irreversibel auf dem Implantat zementiert. Für die Befestigung der Abutments sollten im Gegensatz zum Vorgehen bei Befestigung der Restauration nur kunststoffbasierte Zemente verwendet werden. Glinomerzemente können zu Abutmentlockerungen führen und sind für diese Art der Anwendung kontraindiziert. Die Zementüberschüsse der Abutmentverklebung sind gut zugänglich und einfach entfernbar. Die Abformung erfolgt entweder bereits auf Implantatniveau (digital oder analog; Abutment wird im Labor angepasst) oder nach der finalen intraoralen Zementierung des Abutments.

Nach der Abutmentverklebung wird das zweiteilige Implantat zum einteiligen Implantat und unterliegt denselben Regularien: Die Restauration kann nur zementiert werden. Dies birgt damit bei zu weit subgingivaler Platzierung der Implantatschulter das Risiko einer Zementitis und ist im Falle einer eventuell notwendigen Anpassung nicht mehr reversibel oder flexibel.

Dies, aber auch die anspruchsvolle und nicht immer stabile Implantat-Abutment-Verbindung^{47,48} haben dazu geführt, dass dieses Konzept eher in den Hintergrund getreten ist. Lediglich zwei Systeme sind in dieser Form noch auf dem Markt verfügbar.



Abb. 10 Hochliegende Implantatschulter.



Abb. 11 Kurze Zahnkrone mit okklusalem Schraubenkanal, anämische Zone bei Einprobe.

Eines davon verwendet einen Glasfaseraufbau als Abutment und ist das einzige zweiteilige System, welches 10-Jahres-Daten präsentieren kann⁴⁹.

Verschraubte Abutmentverbindung: zweiteiliges Implantat, verschraubtes Abutment

Flexibel und reversibel ist einzig die Verschraubung von Abutment und Implantat⁵⁰. Hierfür werden ähnliche Ergebnisse wie bei Titanimplantaten berichtet⁵¹. Mit der Abutmentschraube wird das Abutment im Implantatkörper befestigt. Zweiteilige Implantate sind zwar meist ebenfalls als Tissue-Level-Implantate ausgelegt, jedoch können sie vor allem im ästhetischen Frontzahnbereich bei Bedarf auch vertikal tiefer platziert werden. Um einem möglichen Knochenumbau nicht zu viel Raum zu geben und ein mögliches Micro-Gap nicht direkt auf Knochenniveau zu bringen, sollte die Implantatschulter dabei jedoch bis max. 0,6 mm supra-krestal und nicht epi- oder gar subkrestal platziert werden. Derzeit sind lediglich zwei echte Bone-Level-Implantate aus Keramik verfügbar, jedoch fehlen hierzu noch ausreichende klinische Daten.

Das tiefere Platzieren der Implantatschulter bringt auch in prothetischer Hinsicht Vorteile. Das Emergenzprofil kann auf diese Weise mit nicht zu kleinen Winkeln sich langsam verdickend entwickelt werden⁵². Insbesondere bei geringem inter-okklusalem Abstand mit geringen Zahnhöhen oder im ästhetischen Frontzahnbereich ist dies von Vorteil, da es sonst zu „kurzen Zähnen“ oder zu nega-

tiv überhängenden „Bäuchen“ der Restaurationen kommen kann (Abb. 10 und 11).

Der Winkel des Emergenzprofils beeinflusst aber auch das „Bone Remodeling“ und kann bei einem geringeren Winkel Knochenabbau fördern⁵³. Daher sind einige Systeme sich zur Schulter hin konisch divergierend konstruiert. Das Emergenzprofil entwickelt sich bereits über dem Implantatkörper (Tulpenform) und ermöglicht eine einfachere Restaurationsgestaltung. Für andere Systeme können Abutments mit unterschiedlichen Durchtrittsprofilen und Gingivahöhen gewählt werden. Sofern irreversibel zementiert werden soll, kann mit individualisierten Abutments die Zementfuge in den zugänglichen Bereich gelegt werden.

Analog wie bei einer Titanklebebasis kann die Restauration heute auch mit Keramikimplantaten okklusal verschraubt werden. Dieses Vorgehen bietet maximale Reversibilität und Flexibilität. Auch andere Vorteile liegen auf der Hand: kein Risiko für Zementüberschüsse durch Entfernbare der Restauration und des Abutments, einfaches Weichgewebemanagement, Ausformung des Durchtrittsprofils sowie einfache Reparatur- und Zugangsoptionen.

Die Verschraubung bringt jedoch auch neue Herausforderungen mit sich. Denn auch diese kann für den Werkstoff Keramik ungünstige Zug- und Biegekräfte in das Implantat-Interface einbringen, welche zu internen Spannungsspitzen führen könnten. Durch Mikrobewegung der im Vergleich zur Keramik weicheren Schraube in dem harten Implantatinnengewinde könnten Verschleiß und Abrieb an der Schraube entstehen. Entscheidend sind die Präzi-

sion der Herstellung des Implantat-Abutment-Interface, die Schraubenpassung sowie die Entwicklung geeigneter neuer Schraubendesigns. Der vom Hersteller vorgesehene Anzugstorque muss in jedem Fall beachtet werden. Auch wenn die Abutmentschraube vollständig von Keramik umgeben ist, sind solche Lösungen nicht zuletzt auch aus Patientensicht nicht mehr vollständig metallfrei. Ob über den Verbindungsspalt zwischen Abutment und Implantat Abriebs- und Korrosionsprodukte austreten und in diesem Zusammenhang Spaltkorrosion auftreten könnte, bleibt zu prüfen.

Neue Ansätze werden durch metallfreie karbonfaserverstärkte Abutmentschrauben (Vicarbo) verfolgt, welche einen hohen Anzugstorque von bis zu 85 Ncm ermöglichen (klinisch anzuwenden sind 25 Ncm). Durch abgerundete Gewindegänge sollen Spannungsspitzen im Interface vermieden werden.

Das zweiteilige Konzept bietet gegenüber dem einteiligen Konzept Vorteile hinsichtlich der prothetischen Flexibilität und der klinischen Indikationsstellung. Sowohl in der Zahnarztpraxis als auch im Dentallabor können die von Titanimplantaten gewohnten Arbeitsabläufe weitgehend beibehalten werden, was zur weiteren Verbreitung und Akzeptanz von Keramikimplantaten beitragen wird.

Indikationen und Kontraindikationen

Die Materialeigenschaften bestimmen auch die prothetische Planung im Zusammenhang mit Keramikimplantaten. Übermäßige Hebelkräfte und Überlastungen müssen vermieden werden. Eine feste Verblockung mit natürlichen Zähnen oder geteilte Brücken sollten unterbleiben. Anhänger, „Flieger“ oder Freidendbrücken, wie sie bei Titanimplantaten möglich sind⁵⁴, stellen eine Kontraindikation für Keramikimplantate dar. Daher bleiben auch Konzepte wie „all on four“ oder „all on six“ mit distalen Freiden den Titanimplantaten vorbehalten.

Festsitzende Einzelzahn- und Brückenrestaurationen

Einzelzahn- und Brückenversorgungen stellen die Indikationsklassen mit der am besten gesicherten

Evidenz der derzeit verfügbaren Literatur dar und können empfohlen werden³². Unterschiedliche Studien zeigen mit Titanimplantaten vergleichbare Überlebensraten und niedrige technische und biologische Komplikationen^{25,55–58}. Die genannten Indikationen sind die häufigsten Einsatzbereiche von Keramikimplantaten³⁶. Sofern die Rekonstruktionen bei günstiger Pfeilerverteilung auf kleinere Einheiten (max. 3- bis 4-gliedrige Brücken) aufgeteilt werden können, lassen sich auch ausgedehnte und Vollkiefer („Full arch“)-Rekonstruktionen umsetzen.

Fall 1: Einzelzahnimplantate

Bei einer 62-jährigen Patientin wurden im Januar 2020 wegen persistierender Schmerzen nach Revision der Wurzelfüllung die Zähne 11 und 21 atraumatisch entfernt (Abb. 12).

Es lag ein dünner Phänotyp mit kompromittierten Weichgeweben und reduziertem Vestibulum vor. Aus ästhetischen Gründen wünschte die Patientin Keramikimplantate.

In der Praxis des Autors wird das Konzept der reversibel verschraubten Restauration präferiert. Eine palatinale Verschraubung mit transkoronalem Schraubenkanal ist nur mit einem geraden Abutment zu realisieren, welches wiederum eine korrekte Implantatposition erfordert. Folglich wurde die Implantatposition dreidimensional im Sinne der geführten Implantation („Guided Surgery“) mit dem SMOP-System (Fa. Swissmeda, Baar, Schweiz) vorgenommen, das Implantat gemäß der prothetischen Achse ausgerichtet und die Bohrschablone hergestellt (Abb. 13).

Leider verfügen aktuell nur die wenigsten Keramikimplantatsysteme über ein eigenes Instrumentarium für die geführte Implantation. Solche Instrumentarien sind nur verfügbar, sofern analoge Geometrien von Titanimplantaten desselben Herstellers vorhanden sind. Jedoch stellt bereits die Möglichkeit der korrekten Planung und Pilotbohrung einen erheblichen Vorteil dar. Die Pilotbohrung kann mit einem beliebigen in der Praxis verfügbaren System vorgenommen werden.

Acht Wochen nach Zahnentfernung zeigten sich die Weichgewebe gut verheilt und stabil. Mit der



Abb. 12 Ausgangssituation.

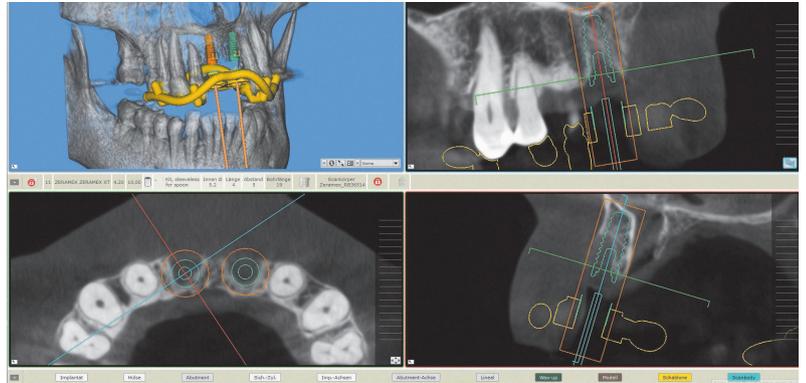


Abb. 13 Digitale Planung mit SMOP.

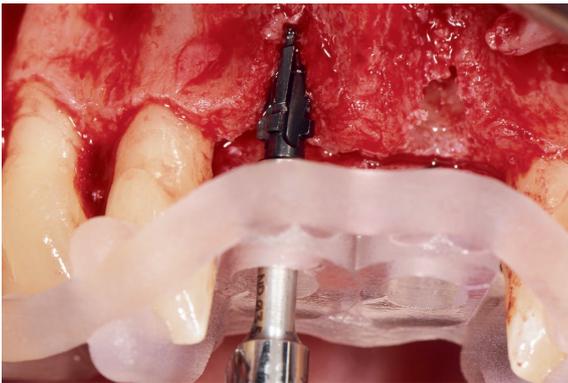


Abb. 14 Insertion der Implantate mit „Guided Surgery“.



Abb. 15 Implantate in situ.

Aufklappung wurden die bukkal fenestrierenden Defekte dargestellt.

Nach der Pilotbohrung mit der „Guided-Surgery“-Schablone, der „semi-manuellen“ Profilbohrung (ohne Führung, jedoch durch die Schablone ausgerichtet) und dem Gewindeschnitt konnten zwei Keramikimplantate (Zeramex XT, L 10 mm, D 4,2 mm; Fa. Dentalpoint, Spreitenbach, Schweiz) primärstabil inseriert werden (Abb. 14 und 15).

Die wichtige vertikale Positionierung der Implantatschulter, und somit die Festlegung der Präparationstiefe, erfolgte rein manuell. Die Implantate wurden möglichst tief, jedoch nicht tiefer als 0,6 mm suprakrestal platziert. Gerade bei benachbarten Implantaten ist zu beachten, dass sich die beiden Implantatschultern auf demselben vertikalen Niveau befinden. Das „Bone Remodeling“ des tieferen Implantates könnte sonst aufgrund der Tendenz zur Ausnivellierung des Knochenniveaus zu Defekten an dem höher liegenden Implantat führen. Dieses Prinzip gilt auch für die Restauration von

drei nebeneinander fehlenden Zähnen. Hier sollte eine Brückenversorgung mit zwei Implantaten der Variante Einzelzahnversorgung auf drei Implantaten vorgezogen werden.

Natürlich sind wie bei Titanimplantaten auch in der Keramikimplantologie die bekannten biologischen Prinzipien zu verfolgen. Dementsprechend müssen selbstverständlich auch hier, entgegen den bisweilen aus der ganzheitlichen Zahnmedizin stammenden Verlautbarungen, freiliegende Gewindgänge knöchern bedeckt sein und somit augmentiert werden.

Der zu augmentierende Bereich lag im vorliegenden Fall der Patientin außerhalb des Kieferkammes, was eigentlich eine klassische Indikation für ein autologes Knochenblocktransplantat darstellt. Aufgrund der geringeren Morbidität wurde jedoch auf einen „Block“ („Sticky Bone“) aus Xenograft (Fa. BioOss, Fa. Geistlich, Baden-Baden, Deutschland), autologe Knochenspäne und injizierbares plättchenreiches Fibrin (i-PRF) zurückgegriffen.

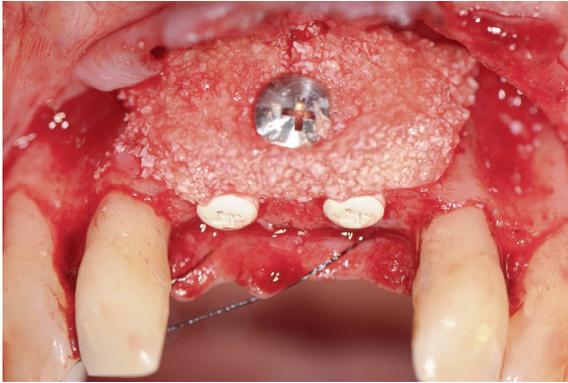


Abb. 16 Augmentation mit „Sticky Bone“ und Umbrella-Schraube.



Abb. 17 Reentry mit Bogenschnitt.



Abb. 18 Eingesetzte Gingivaformer.

Entscheidend für den Erfolg sind die druckfreie Einheilung und die „Raumschaffung“ für das Augmentat. Hierfür wurde die Umbrella-Technik (Schirmschrauben, Fa. Ustomed, Tuttlingen, Deutschland) angewendet. Das Augmentat wurde mit einer Kollagenmembran (BioGuide, Fa. Geistlich) und einer Advanced(A)-PRF-Membran gedeckt. Auch wenn für dieses Vorgehen noch keine Evidenz besteht, lassen sich in der Praxis des Autors durch Abdecken mit der PRF-Membran weniger Wunddehiscenzen beobachten. Der Implantatsitus wurde spannungsfrei primär verschlossen (Abb. 16).

Nach einer dreimonatigen Einheilzeit erfolgte die Wiedereröffnung mit einem bukkal gestielten Bogenlappen, welcher deepitelialisiert und nach bukkal zur Verdickung der Weichgebe eingeschlagen wurde (Envelope-Technik). Auf eine zusätzliche Verdickung mit Bindegewebe-graft konnte so verzichtet werden. Die Einheilkappe war somit frei zugänglich. Sie wurde durch einen standardisierten

Gingivaformer aus PEEK mit einer Durchtrittshöhe von 3 mm ersetzt, welcher für eine erste Wundheilung für 2 Wochen in situ belassen wurde. Das runde und für das Emergenzprofil im Frontzahnbereich zu schmale Durchtrittsprofil des Gingivaformers wurde analog zu den in der Titanimplantologie üblichen Protokollen erweitert (Abb. 17 und 18).

Diese Möglichkeit bestand, da dieser Implantattyp zweiteilig verschraubbar ist und temporäre Abutments aus PEEK verfügbar sind. Nach erster Vorabformung wurden im Labor indirekte Langzeitprovisorien hergestellt, welche den Gingivasaum überlappten und dem später erwünschten Marginalsaum folgten. Dieser Überhang wurde während 3 Wochen einmal pro Woche mit Komposit ergänzt und das Emergenzprofil schrittweise ausgeformt. Die finale Abformung erfolgte mit offener Abdrucknahme. Für eine maximale Präzision wurden die Abformpfosten verblockt (Abb. 19 bis 21).

Im Dentallabor (Studio für Zahntechnik, Dirk Tartsch, Waldshut) wurden die Standardabutments mit 1 mm Gingivahöhe inzisal leicht gekürzt und palatinal der Frontzahn-anatomie angepasst. Sollte bei der Anprobe der Abutments die Abutment-schulter sichtbar sein, kann diese durch moderates Beschleifen auf maximal 50 % der Schulterhöhe reduziert werden. Da es sich hierbei um ein reversibles Konzept handelt, dürfen die Abutments im Gegensatz zu den Implantaten beschliffen werden. Alternativ kann bei diesem System auf ein Abutment mit einer niedrigeren Schulterhöhe von 0,5 mm zurückgegriffen werden.

Nach Herstellung des Meistermodelles mit den Laboranalogen wurde die Einzelkrone mit

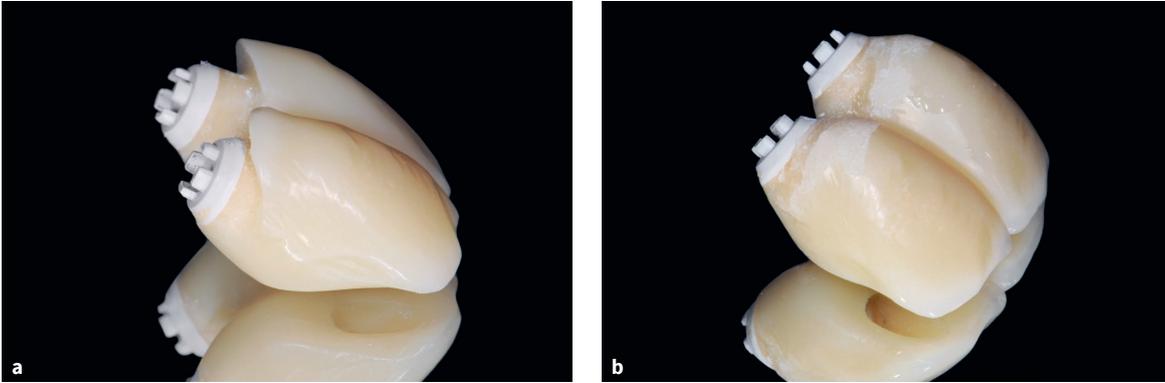


Abb. 19a und b a) Der Überhang der temporären Restauration stellt den gewünschten Marginalsaum dar. b) Das step-by-step ergänzte Emergenzprofil der temporären Restauration.



Abb. 20 Das ausgeformte Emergenzprofil.

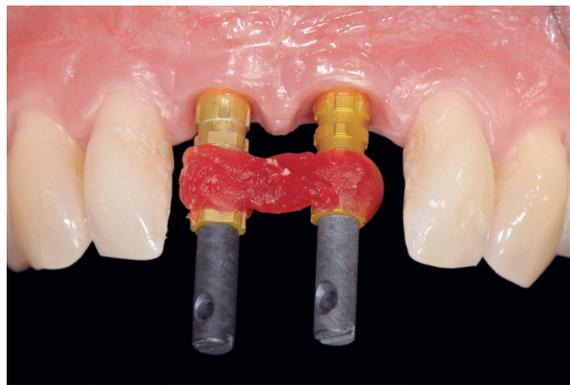


Abb. 21 Verblockte offene Abformung.

einem verblendeten Zirkondioxidgerüst (Gen X, Fa. Amman Girbach, Pforzheim, Deutschland) gefertigt. Der Schraubenkanal wird dabei palatinal in der Restauration angelegt. Der Durchmesser des Schraubenkanales darf den Durchmesser des Schraubendrehers nicht unterschreiten, muss aber auch nicht größer ausgelegt werden (Abb. 22 bis 25).

Während bei verklebten Restaurationen bei Titanimplantaten die Verklebung meist im Dentallabor erfolgt, werden in der Praxis des Autors Abutment und Restauration getrennt angeliefert. Nach Einprobe des Abutments und der Restauration wird das Abutment in situ gebracht, dicht mit Teflonband verschlossen und mit der Restauration für das Zementieren vorbereitet. Die Restauration wird intraoral mit einem kunststoffbasierten Zement mit dem Abutment verklebt und der Zement im Schraubenkanal vor dem Aushärten mit einem Kunststoffpellet oder Microtip entfernt. Durch den palatinalen Schraubenkanal werden anschließend

das Teflonband wieder entfernt und die verklebte Restauration mit Abutment „en bloc“ entnommen. Extraoral können nun auf einfache Weise mögliche Zementreste entfernt und die Zementfuge poliert werden. Die Restauration wird nun wieder mit dem korrekten Torque in situ gebracht. Der Zugangskanal wird mit Teflonband und Komposit verschlossen. Es liegt nun eine reversibel verschraubbare, metallfreie Restauration vor.

Drei Jahre nach der Versorgung sollte im Seitenzahnbereich ebenfalls implantiert werden. Das hierfür angefertigte Planungs-DVT zeigte stabile Knochenverhältnisse um die Implantate. Gerade im ästhetischen Frontzahnbereich besteht durch mangelnde Knochenunterstützung auch bei Titanimplantaten das Risiko einer reduzierten Papille zwischen den Implantaten. In diesem Fall zeigte sich jedoch im Vergleich zur Situation nach Eingliederung der Restauration eine Verlängerung der Papille (Abb. 26 und 27).

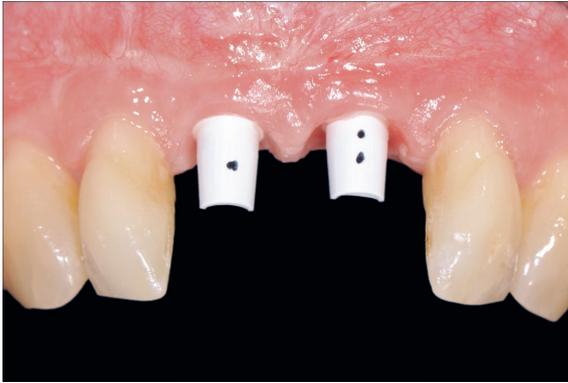


Abb. 22 Abutmenteinprobe.



Abb. 23 Abutments mit Zahnfleischmaske.

Dieses Konzept der intraoralen Verklebung, welches in der Praxis des Autors entwickelt wurde, basiert auf den Materialeigenschaften der Keramik. Wie in diesem Beitrag mehrfach beschrieben, muss es beim Umgang mit Keramikimplantaten generell das Ziel sein, eine möglichst spannungsfreie Gesamtkonstruktion zu generieren, um auch bei hoher Stabilität möglicherweise verbliebene „Restrisiken“ zu minimieren. Denn auch bei noch so genauer digitaler oder analoger Abformung und bei maximal präziser Herstellung der Restauration sind bei vorverklebten Restaurationen Interferenzen bspw. der Kontaktpunkte oder Weichgewebe nicht immer 100%ig zu vermeiden. Eine Überprüfung des spaltfeien Sitzes des Abutments mittels Röntgenkontrollaufnahme ist nicht ausreichend. Ein Spalt zwischen Abutment und Implantat kann durch exzentrischen Strahlengang kaschiert werden und interne Spannungen sind durch ein Röntgenbild nicht darstellbar. Bei Titanimplantaten können solche „Micro-Spannungen“ meist bis zu einem gewissen Grad durch die Elastizität des Materials ausgeglichen werden. Klinisch vermag Keramik dies durch seine Stabilität bis zu einem gewissen Grad zu leisten. Dieser Punkt ist aber kaum zu definieren.

Die prospektiv sicherste Variante ist daher der absolut passive Sitz des Abutments. Garantiert werden kann dies nur, wenn das Abutment spannungsfrei auf dem Implantat verschraubt ist und die Restauration intraoral verklebt wird. Falls mögliche Interferenzen auftreten, zeigen sich diese dann nicht zwischen Abutment und Implantat, sondern zwischen Abutment und Restauration. Hier spielen

sie jedoch kaum eine Rolle. Sollte die Zementfuge auch hier zu deutlich sein, kann im Zweifelsfall die verklebte Restauration entfernt werden. Die Verklebung wird dann – wie auch bei Chipping oder anderen technischen Komplikationen – im Dentallabor durch Erhitzen gelöst, korrigiert und erneut intraoral verklebt. Diese Option ist einer der wesentlichen Vorteile der reversiblen Verschraubung. Im schlechtesten Fall ist dieser geringe Mehraufwand einfacher zu tolerieren als das Risiko einer Komplikation durch mögliche Systemüberlastung. Das analoge Vorgehen wird für die Eingliederung von Brückenrekonstruktionen empfohlen, denn auf diese Weise können diese auch bei Verschraubung von mehreren Pfeilern ebenso vollkommen spannungsfrei auf Keramikimplantaten eingegliedert werden.

Herausnehmbare Hybridprothetik

Sofern eine gleichmäßige Kraftverteilung ermöglicht werden kann, gehört die Hybridprothetik mit verschiedenen Konzepten wie Steg-, Locator- oder Teleskopversorgungen bereits zu den Einsatzbereichen von Keramikimplantaten.

Die Hersteller haben ihre Produkte für diese Versorgungsoptionen freigegeben und es werden entsprechende Komponenten wie metallfreie Locatoren angeboten. Es ist jedoch anzumerken, dass für diese Indikationsklassen noch keine valide Evidenz verfügbar ist. Allgemeingültige Empfehlungen können aufgrund der noch geringen Datenlage nicht abgegeben werden. Die Hybridprothetik hat sich jedoch zumindest im Rahmen von Falldarstellungen (Case reports) bereits klinisch bewährt.



Abb. 24 Der palatinale Zugangskanal mit Laborschrauben aus PEEK.



Abb. 25 Die Restauration wurde intraoral verklebt und die Zementreste wurden extraoral entfernt.



Abb. 26a bis c Die Restaurationen bei Eingliederung (a) und nach 3 Jahren (b). Ein ästhetisches Ergebnis ist auch mit Keramikimplantaten möglich (c).

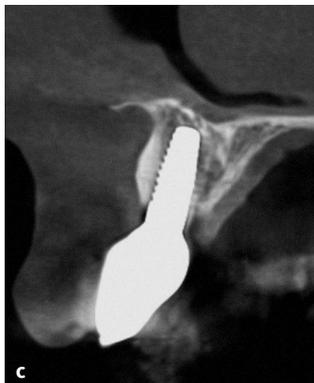
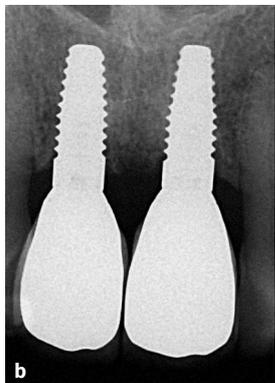


Abb. 27a bis c Röntgenkontrolle nach Insertion (a) und nach 3 Jahren (b), DVT nach 3 Jahren (c).

Fall 3: Locatorversorgung

Die 65-jährige Patientin suchte unsere Praxis für eine Zweitmeinung und Weiterbehandlung auf. Erst 2 Jahre zuvor war der sonst zahnlose Oberkiefer alio loco mit vier Keramikimplantaten (Zeramex, Fa. Dentalpoint) versorgt worden. Zu diesem Zeitpunkt waren diese mit Acetal-Zahnersatz auf PEEK-Teleskopen insuffizient versorgt. Die Patientin hatte den Wunsch nach einer möglichst kostengünstigen, aber gaumenfreien Neuversorgung ohne zusätzliche Implantation. Die bestehenden Keramikimplantate waren stabil, jedoch deutlich divergent. Für die Neuversorgung bot sich daher eine Hybridprothese mit einem ebenfalls metallfreien Druckknopf-/Locatorssystem (Doclocs, Fa. Dentalpoint) an. Mit diesem System können Divergenzwinkel von bis zu 40° ausgeglichen werden.

Auf konventionelle Weise wurde ein totaler Zahnersatz für den Oberkiefer hergestellt. Die Einlage eines PEEK-Gerüsts in die Prothese und die Abzugskräfte der vier vorgesehenen Locatoren boten genug Stabilität, um dem Wunsch der Patientin nach einer gaumenfreien Gestaltung entsprechen zu können.

Mit einem Übertragungsschlüssel wurde überprüft, ob die Prothese trotz der Divergenz der vier Locatoren ohne übermäßige Belastung abnehmbar sein würde. Dies war problemlos möglich und die Matrizen konnten intraoral spannungsfrei einpolymerisiert werden. Die Prothese befindet sich seit 3 Jahren reizlos in situ; der Locatoreinsatz wurde inzwischen einmal ausgewechselt (Abb. 33 bis 38).



Abb. 33 Implantate in situ.

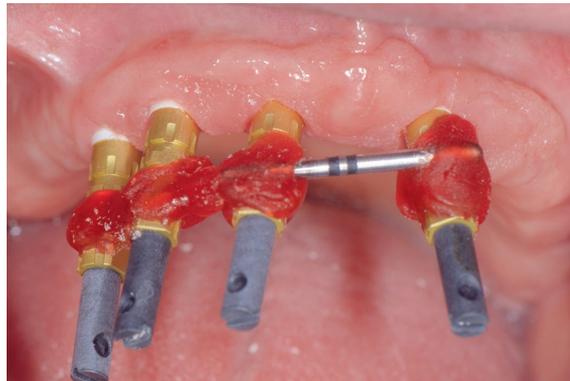


Abb. 34 Offene Abformung.

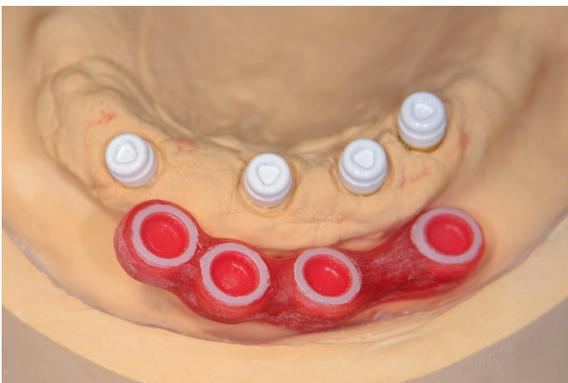


Abb. 35 Übertragungsschlüssel.



Abb. 36 Locatoren in situ.



Abb. 37 Intraoral einpolymerisierte Matrizen.



Abb. 38 Hybridprothese auf Keramikimplantaten.

Fazit

Keramikimplantate haben sich in Bezug auf Materialstabilität, Oberflächengestaltung und Erfolgsraten den Titanimplantaten angenähert⁵⁹. Wie in diesem Beitrag gezeigt, können mit der Weiterentwicklung der zweiteiligen Systeme nun auch die vertrauten restaurativen Protokolle der Titanimplantate weitgehend übernommen werden. Dieser Aspekt stellt neben der Evidenz und Zuverlässigkeit ein wichtiges Argument für die zukünftige Akzeptanz von Keramikimplantaten in der dentalen Implantologie dar.

Dennoch gibt es auf dem Markt konzeptionell noch sehr unterschiedliche Produkte. Für alle gilt: Die erfolgreiche restaurative Versorgung beginnt bereits vor der Implantation und bedarf des Wissens um die besonderen Materialeigenschaften von Zirkondioxid. Die Auswahl des geeigneten Implantatsystems ist wichtiger Bestandteil der Sorgfaltspflicht des Zahnarztes. Dabei hat stets eine ausführliche Aufklärung und Einbeziehung der Patienten zu erfolgen.

Moderne Keramikimplantate stellen bei richtiger Indikation und Handhabung eine Ergänzung des Behandlungsspektrums in der dentalen Implantologie dar und auch deren restaurative Versorgung wird in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen.

Literatur

1. Pieralli S, Kohal RJ, Jung RE, Vach K, Spies BC. Clinical Outcomes of Zirconia Dental Implants A Systematic Review J of Dental Research 2017;96:38–46.
2. Roehling S, Gahlert M, Janner S, Bo Meng, Woelfler H, Cochran DL. Ligature-induced Peri-implant bone loss around loaded zirconia and titanium implants. Int J Oral Maxillofac Implants 2019;34:357–365.
3. Patient survey, Straumann AG, archive data.
4. Jung RE, Sailer I, Hämmerle CH, Attin T, Schmidlin P. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. Int J Periodontics Restorative Dent 2007;27:251–257.
5. Benic GI, Scherrer D, Sancho-Puchades M, Thoma DS, Hämmerle CH. Spectrophotometric and visual evaluation of peri-implant soft tissue color. Clin Oral Implants Res 2017;28:192–200.
6. Cionca N, Hashim D, Cancela J, Giannopoulou C, Mombelli A. Pro-inflammatory cytokines at zirconia implants and teeth. A cross-sectional assessment. Clin Oral Investig 2016;20:2285–2291.
7. Degidi M, Artese L, Scarano A, Perrotti V, Gehrke P, Piattelli A. Inflammatory infiltrate, microvessel density, nitric oxide synthase expression, vascular endothelial growth factor expression, and proliferative activity in peri-implant soft tissues around titanium and zirconium oxide healing caps. J Periodontol 2006;77:73–80.
8. Janner S, Gahlert M, Bosshardt D, Roehling S, Milz S, Higginbottom F, Buser D, Cochran DL. Bone response to functionally loaded, two-piece zirconia implants: A preclinical histometric study. Clin Oral Implants Res 2018;29:277–289.
9. Kohal RJ, Dennison DK. Clinical Longevity of Zirconia Implants with the Focus on Biomechanical and Biological Outcome. Curr Oral Health Rep 2020;7:344–351.
10. Roehling S, Schlegel K, Woelfler H, Gahlert M. Performance and outcome of zirconia dental implants in clinical studies: A meta-analysis. Clin Oral Implants Res 2018;10:135–153
11. Bethke A, Pieralli S, Kohal RJ, Burkhardt F, von Stein-Lausnitz M, Vach K, Spies BC. Fracture Resistance of Zirconia Oral Implants In Vitro: A Systematic Review and Meta-Analysis. Materials (Basel) 2020;13:562.
12. Spies BC, Fross A, Adolfsen E, Bagegni A, Doerken S, Kohal RJ. Stability and aging resistance of a zirconia oral implant using a carbon fiber-reinforced screw for implant-abutment connection. Dent Mater 2018;34:1585–1595.

13. Joda T, Voumard B, Zysset PK, Brägger U, Ferrari M. Ultimate force and stiffness of 2-piece zirconium dioxide implants with screw-retained monolithic lithium-disilicate reconstructions. *J Prosthodont Res* 2018;62:258–263.
14. Chevalier J., Loh J. Low Temperature Degradation in Zirconia with porous Surface. *Acta Biomater* 2011;7:2986–2993.
15. Ried PH, Reed JS. Fabrication and Flexural Strength of Ultra-Fine Grained Ytria-Stabilised Zirconia. *Bull Am Cer Soc* 1976;55:717–721.
16. Metoxit AG, Thayngen, Schweiz. Datenblatt nach DIN EN 60 672.
17. Chevalier J. What future for zirconia as a biomaterial? *Biomaterials* 2006;27:535–543.
18. Schneider J. Low-Temperature Aging Behavior of Alumina-Toughened Zirconia. *Am Ceram Soc* 2008;91:3613–3618.
19. Burkhardt F, Harlass M, Adolfsen E, Vach K, Spies BC, Kohal RJ. A Novel Zirconia-Based Composite Presents an Aging Resistant Material for Narrow-Diameter Ceramic Implants. *Materials (Basel)* 2021;14:2151.
20. Wenz HJ, Bartsch J, Wolfart S, Kern M. Osseointegration and clinical success of zirconia dental implants: A systematic review. *Int J Prosthodont* 2008;21:27–36.
21. Spies BC, Sauter C, Wolkewitz M, Kohal RJ. Alumina reinforced zirconia implants: effects of cyclic loading and abutment modification on fracture resistance. *Dent Mater* 2015;31:262–272.
22. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic systems: Laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am* 2011;55:333–352.
23. Fischer H, Marx R. Festigkeit von Dentalkeramik. *ZWR* 2000;109:240–243.
24. Sailer I, Muhlemann S, Kohal RJ. Reconstructive aspects: Summary and consensus statements of group 3. The 5th EA0 Consensus Conference 2018. *Clin Oral Implants Res* 2018;29(Suppl 18):s237–s242.
25. Spitznagel FA, Balmer M, Wiedemeier DB, Jung RE, Gierthmühlen PC. Clinical outcomes of all-ceramic single crowns and fixed dental prostheses supported by ceramic implants: A systematic review and meta-analyses. *Clin Oral Implants Res* 2022;33:1–20.
26. Cinquini C, Alfonsi F, Marchio V, Gallo F, Zingari F, Bolzoni AR et al. The Use of Zirconia for Implant-Supported Fixed Complete Dental Prostheses: A Narrative Review. *Dent J (Basel)* 2023;11:144.
27. Pjetursson BE, Valente N, Strasding M, Zwahlen M, Liu S, Sailer I. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2018;29(Suppl 16):199–214.
28. Sailer I, Strasding M, Valente NA, Zwahlen M, Liu S, Pjetursson BE. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic multiple-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2018;29(Suppl 16):184–198.
29. Spies BC, Stampf S, Kohal RJ. Evaluation of Zirconia-Based All-Ceramic Single Crowns and Fixed Dental Prosthesis on Zirconia Implants: 5-Year Results of a Prospective Cohort Study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17:1014–1028.
30. Rabel K, Spies BC, Pieralli S, Vach K, Kohal RJ. The clinical performance of all-ceramic implant-supported single crowns: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:196–223.
31. Spies BC, Balmer M, Jung RE, Sailer I, Vach K, Kohal RJ. All-ceramic single crowns on zirconia implants: 5-year results of a prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res* 2019;30:466–475.
32. Balmer M, Payer M, Kohal RJ, Spies BC. EAO Position Paper: Current Level of Evidence Regarding Zirconia Implants in Clinical Trials. *Int J Prosthodont* 2022;35:560–566.
33. Spies BC, Witkowski S, Vach K, Kohal RJ. Clinical and patient outcomes of implant-supported zirconia-based restorations: Results of a prospective case series 5 years after implant placement. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:91–99.
34. Schulte W, Heimke G. The Tubinger immediate implant. *Quintessenz* 1976;27:17–23.
35. Sandhaus S. Technic and instrumentation of the implant C.B.S. (crystalline bone screw). *Int Odontostomatol* 1968;4:19–24.
36. Chen A, Gahlert M, Özcan M, Röhling S, Chevalier J, Kohal R et al. Wissenschaftliche Umfrage ESCI „klinische Anwendung von Keramikimplantaten“ -Auswertung-. 24. März 2022. URL: <https://esci-online.com/wp-content/uploads/2022/03/Auswertung-ESCI-Umfrage-Keramikimplantate-final-web.pdf>.
37. Thiem DGE, Stephan D, Kniha K, Kohal RJ, Röhling S, Spies BC et al. German S3 guideline on the use of dental ceramic implants. *Int J Implant Dent* 2022;8:43.
38. Vindasiute E, Puisys A, Maslova N, Linkeviciene L, Peculienė V, Linkevicius T. Clinical Factors Influencing Removal of the Cement Excess in Implant-Supported Restorations. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17:771–778.
39. Zaugg LK, Zehnder I, Rohr N, Fischer J, Zitzmann NU. The effects of crown venting or pre-cementing of CAD/CAM-constructed all-ceramic crowns luted on YTZ implants on marginal cement excess. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:82–90.
40. Zaugg LK, Meyer S, Rohr N, Zehnder I, Zitzmann NU. Fracture behavior, marginal gap width, and marginal quality of vented or pre-cemented CAD/CAM all-ceramic crowns luted on Y-TZP implants. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:175–184.
41. Rohr N, Balmer M, Jung RE, Kohal RJ, Spies BC, Hämmerle CHF, Fischer J. Influence of zirconia implant surface topography on first bone implant contact within a prospective cohort study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2021;23:593–599.
42. Buser D, Martin W, Belser U. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:43–61.
43. Lemos CA, Verri FR, de Oliveira Neto OB, Cruz RS, Gomes JML, da Silva Casado BG, Pellizzer EP. Clinical effect of the high insertion torque on dental implants: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2021;126:490–496.
44. Douglas de Oliveira DW, Lages FS, Lanza LA, Gomes AM, Queiroz TP, Costa FD. Dental implants with immediate loading using insertion torque of 30 Ncm: a systematic review. *Implant Dent* 2016;25:675–683.
45. Chen A, Gahlert M, Özcan M, Röhling S, Chevalier J, Kohal R et al. Statement of the European Society for Ceramic Implantology ESCI “The clinical application of two-piece zirconia implants” by Scientific Advisory Board and Board of Directors ESCI. ESCI 2021. URL: <https://esci-online.com/wp-content/uploads/2021/10/ESCI-Statement-2-piece-zirconia-implants-final-engl.pdf>.
46. Benic GI, Hämmerle CH. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontol* 2000 2014;66:13–40.
47. Spies BC, Nold J, Vach K, Kohal RJ. Two-piece zirconia oral implants withstand masticatory loads: An investigation in the artificial mouth. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016;53:1–10.
48. Cionca N, Müller N, Mombelli A. Two-piece zirconia implants supporting all-ceramic crowns: a prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:413–418.
49. Brunello G, Rauch N, Becker K, Hakimi AR, Schwarz F, Becker J. Two-piece zirconia implants in the posterior mandible and maxilla: A cohort study with a follow-up period of 9 years. *Clin Oral Implants Res* 2022;33:1233–1244.
50. Wittneben JG, Joda T, Weber HP, Brägger U. Screw retained vs. cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. *Periodontol* 2000 2017;73:141–151.

51. Joos M, Sailer I, Filippi A, Mukaddam K, Rosentritt M, Kühl S. Stability of screw-retention in two-piece zirconia implants: An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2020;31:607–614.
52. Esquivel J, Meda RG, Blatz MB. The impact of 3D implant position on emergence profile design. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2021;41:79–86.
53. Katafuchi M, Weinstein BF, Leroux BG, Chen Y-W, Daubert DM. Restoration contour is a risk indicator for peri-implantitis: A cross-sectional radiographic analysis. *J Clin Periodontol* 2017;45:225–232.
54. Becker CM, Kaiser DA. Implant-retained cantilever fixed prosthesis: where and when. *J Prosthet Dent* 2000;84:432–435.
55. Spies BC, Fross A, Adolfsson E, Bagegni A, Doerken S, Kohal RJ. Stability and aging resistance of a zirconia oral implant using a carbon fiber-reinforced screw for implant-abutment connection. *Dent Mater* 2018;34:1585–1595.
56. Spies BC, Nold J, Vach K, Kohal RJ. Two-piece zirconia oral implants withstand masticatory loads: An investigation in the artificial mouth. *Mach Behav Biomed Mater* 2016;53:1–10.
57. Burkhardt F, Spies BC, Riemer L, Adolfsson E, Doerken S, Kohal RJ. Fracture resistance and crystal phase transformation of a one- and a two-piece zirconia implant with and without simultaneous loading and aging-An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2021;32:1288–1298.
58. Kohal RJ, Spies BC, Vach K, Balmer M, Pieralli S. A prospective clinical cohort investigation on zirconia implants: 5-year results. *J Clin Med* 2020;9:2585.
59. Lorenz J, Giuliani N, Holscher W, Schwiertz A, Schwarz F, Sader R. Prospective controlled clinical study investigating long-term clinical parameters, patient satisfaction, and microbial contamination of zirconia implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2019;21:263–271.

Prosthetic restorations with ceramic implants

KEY WORDS

zirconia, review paper, monoblock ceramic implant, two-piece ceramic implant, screw-retained, cemented, TZP, ATZ, implant position, monolithic, veneered

ABSTRACT

The restorative treatment of zirconia implants will become increasingly relevant in everyday prosthetic practice as this type of implant becomes more widespread. The restorative procedure starts with the correct positioning of the implants. This must take into account the special design features of the implants and the different material properties compared to titanium. The prosthetic protocols are still very system-dependent and cannot be generalized. One-piece implants require a different approach than do two-piece implants. The latter are already very close to titanium implants in the restorative treatment of single crowns and fixed dental prostheses. Although the data are still limited, they provide almost comparable results. For removable prostheses, data are still limited to case reports, but these prosthetic restorations can already be clinically realized. This article deals with the most important fundamentals of the material “zirconium dioxide”, deals with the currently available data, shows the differences between one-piece and two-piece implants, and gives practical advice on the restorative treatment of the respective implant groups on the basis of case reports.



Jens Tartsch

Dr. med. dent.
Kreuzstrasse 2
8802 Kilchberg
Schweiz

Korrespondenzadresse:
Dr. Jens Tartsch,
E-Mail: dr.tartsch@zahnarzt-kilchberg.ch