

Die Behandlung zahnloser Kiefer – ein Fall für CAD/CAM

Prothetische Versorgungungen können auf verschiedene Weisen verankert werden. Digitale Technologien haben ihren Weg schon seit einiger Zeit in die Implantologie gefunden und bieten die Möglichkeit für qualitativ hochwertige Lösungen.

Dr. Sven Rinke/Hanau

■ Zu den klassischen Indikationen für implantatprothetische Behandlungen zählt die Versorgung des zahnlosen Kiefers. Klinische Studien dokumentieren für diese Versorgungsform eine hohe Überlebensrate im Bereich von 85 bis 90 % (Attard et al. 2004a, Attard et al. 2004b) mit Beobachtungszeiten von bis zu 20 Jahren.

Jenach der Anzahl der inserierten Implantate haben sich unterschiedliche prothetische Konzepte für die Ausführung der Suprakonstruktionen etabliert (Zitzmann und Marinello 2002). Grundsätzlich sind dabei eine festsitzende rein implantatgetragene Versorgung auf sechs bis acht Implantaten und eine abnehmbare Versorgung bei reduzierter Implantatanzahl möglich.

Der Entscheidungsprozess für die Auswahl einer geeigneten Versorgungsform richtet sich zum einen nach subjektiven Kriterien (Patientenerwartungen, finanzielle Rahmenbedingungen) und zum anderen nach klinischen Aspekten (anatomische Kriterien, technische und klinische Zuverlässigkeit von Implantaten und Suprakonstruktion). Entsprechend wird der prothetische Erfolg durch folgende Faktoren bestimmt (Abb. 1):

1. Subjektive Kriterien (Patientenzufriedenheit und Lebensqualität)
2. Objektive Kriterien (Überlebenswahrscheinlichkeit)
3. Notwendiger Erhaltungsaufwand während der prothetischen Funktionsperiode.

Kriterien für die Auswahl der Versorgungsform

Sowohl für festsitzende als auch für abnehmbare implantatprothetische Versorgungungen im zahnlosen Kiefer lässt sich im Vergleich zur konventionellen Totalprothese

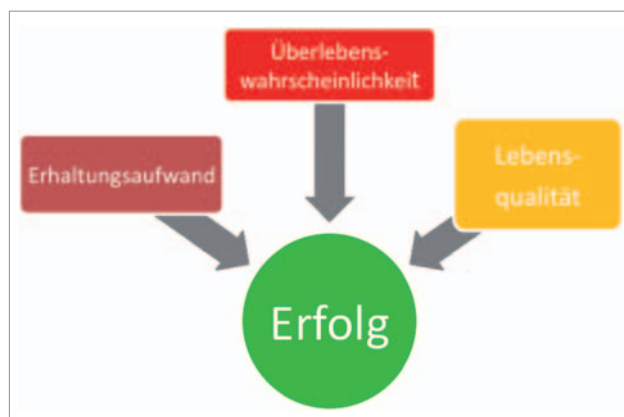


Abb. 1: Subjektive und objektive prothetische Erfolgskriterien.

eine signifikante Steigerung der Patientenzufriedenheit und eine Verbesserung der Kaufähigkeit nachweisen (Raghoobar et al. 2003, van der Bilt 2006). Dies bedeutet, dass bereits durch die Insertion von zwei bis vier Implantaten eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität des Patienten herbeigeführt werden kann. Daher gilt die abnehmbare implantatgestützte oder implantatretinierte Coverdenture-Versorgung heute als effektive Therapie. Es zeigte sich jedoch auch, dass insbesondere die Auswahl der Verankerungselemente (Magnete, Kugelhöpfe, Stege, Teleskope) bei einer abnehmbaren Versorgung die Patientenzufriedenheit beeinflusst. Eine vergleichende Cross-Over-Studie ergab, dass Magnete hinsichtlich der Stabilität und Retentionskraft sowie bei der erreichbaren Patientenzufriedenheit einer Verankerung durch Kugelhöpfe unterlegen sind (Burns et al. 1995a, Burns et al. 1995b). Ein Vergleich von Kugelhöpfungselementen und Stegen zur Verankerung einer implantatretinierten Coverdenture-Prothese zeigte zwar keine Unterschiede in der Patientenzufriedenheit (MacEntee et al. 2005), doch es wurde eine signifikante Differenz in der technischen Komplikationsrate nachgewiesen. Nach einer Beobachtungszeit von drei Jahren traten bei den kugelhöpfungverankerten Prothesen 6,7 Reparaturen auf, während es in der Gruppe der stegverankerten Prothesen lediglich 0,8 Reparaturen pro Patient waren. Stege als Verankerungselemente für abnehmbare Implantatsuprakonstruktionen gewährleisten also eine hohe Patientenzufriedenheit. Aufgrund ihrer geringen technischen Komplikationsrate erfordern sie einen geringeren Erhaltungsaufwand als alternative Verankerungselemente (MacEntee et al. 2005), was ein wichtiges Kriterium für den prothetischen Langzeiterfolg ist. Ein hoher Erhaltungsaufwand erfordert eine erhöhte Anzahl von Patientenbesuchen und ist zumindest mit einem zeitlichen Aufwand für Behandler und Patient verbunden. Bei technischen Komplikationen, die zu einem Versagen von Suprakonstruktionselementen geführt haben, ist darüber hinaus eine zahntechnische Intervention mit einer Neuanfertigung oder dem Ersatz einzelner Komponenten erforderlich. Dies führt zu weiteren Kosten für den Funktionserhalt.

Für die Bewertung der Stegkonstruktion als Verankerungselement ist jedoch zu berücksichtigen, dass es unterschiedliche Ausführungsformen gibt. Man unterscheidet zum einen das individuell gefräste Steggeschiebe und zum anderen den klassischen Rundsteg, der sowohl gusstechnisch als auch durch das Fügen präfabrizierter Elemente hergestellt werden kann.



Abb. 2: Fraktur einer gusstechnisch gefertigten Steggeschiebekonstruktion im Bereich der Extension.

Der Steg auf vier Implantaten ist ein klassisches Verankerungselement für eine rein implantatgetragene Coverdenture-Prothese im zahnlosen Ober- und Unterkiefer.

In einer retrospektiven Studie mit 51 Patienten wurde ein Vergleich von individuell gefertigten Steggeschieben und Rundstegen zur Verankerung von Coverdenture-Prothesen durchgeführt (Krennmair et al. 2008). 26 Patienten wurden mit Rundstegen versorgt, während 25 Patienten eine Suprakonstruktion mit einem individuellen Steggeschiebe auf jeweils vier Implantaten erhielten. Nach einer Beobachtungszeit von fünf Jahren betrug die Überlebensrate der Implantate 100 %. Größere technische Komplikationen, die zu einer Erneuerung der Halteelemente führten, traten lediglich bei den Rundstegen in Form von Frakturen im Bereich der Extensionen auf.

Die Frakturen an den mechanisch hoch belasteten Extensionen der Stege waren entweder auf Porositäten im Gussobjekt oder auf Inhomogenitäten im Bereich von Fügestellen zurückzuführen. Ferner konnte festgestellt werden, dass geringgradige Komplikationen (Aktivierung der Stegreiter) bei den Rundstegen dreimal häufiger auftraten als bei den Steggeschieben. Im Wesentlichen lassen sich somit zwei Fehlerursachen ableiten. Erstens: Fehler, die auf die Herstellungstechnik (Guss- und Fügeverfahren) zurückzuführen sind und zweitens Ursachen, die ursächlich in Zusammenhang mit dem Design der Suprakonstruktion stehen.

Für die Stegverankerung im zahnlosen Oberkiefer sind in der Literatur zwei Ausführungsformen beschrieben. Die Stegversorgung auf vier Implantaten im anterioren Segment und die Versorgung mit zwei Stegen auf drei bis vier Implantaten in den lateralen Segmenten des zahnlosen Oberkiefers (zumeist nach vorangegangener Sinusbodenaugmentation). Auch für die Anwendung des Steges im zahnlosen Oberkiefer sind Daten aus klinischen Studien publiziert (Krennmair et al. 2008). Für beide Versorgungskonzepte zeigten sich nach fünf Jahren nahezu identische Überlebensraten von 98,4 % für die Stege im anterioren Segment und 97,4 % für die Stegverankerung auf sechs bis acht Implantaten in den lateralen Segmenten des Oberkiefers.

Insbesondere die Verankerung durch Steggeschiebe scheint ein erfolgssicheres Therapiemittel für die Verankerung von rein implantatgetragenen Coverdenture-Prothesen im Ober- und Unterkiefer zu sein. Es zeichnet sich durch eine geringe technische Komplikationsquote und damit einen geringen Erhaltungsaufwand aus. Stege stellen somit ein klinisch erprobtes Verankerungselement für implantatretinierte und -verankerte abnehmbare Suprakonstruktionen im zahnlosen Ober- und Unterkiefer dar. Klinische Daten zur Verankerung von abnehmbaren Suprakonstruktionen im zahnlosen Oberkiefer fehlen sowohl für Magnete als auch für Kugelkopf-Attachments. Auch die Anwendung von sogenannten Lokatoren zur Verankerung von abnehmbaren Implantatsuprakonstruktionen ist nach der momentanen Datenlage nicht als evidenzbasiert zu bezeichnen, da bislang keinerlei Ergebnisse aus klinischen Studien zu diesem Verankerungselement vorliegen.

Teleskope als Verankerungselemente für abnehmbare Suprakonstruktionen sind insbesondere im deutschsprachigen Bereich beliebt, da sie eine gute Hygienefähigkeit und einfache Erweiterbarkeit gewährleisten. Diesen Vorteilen stehen die hohen technischen Anforderungen und Kosten bei der Herstellung entgegen. Klinische Studien zur Bewährung von Doppelkronen als Verankerungselemente in der Implantatprothetik belegen ihre grundsätzliche Eignung und betonen den Vorteil bei der Kombination von natürlichen Zähnen mit Implantaten zur Verankerung einer abnehmbaren Konstruktion im Vergleich zu einer Stegversorgung.



Abb. 3: Abformung der Implantate in der Pick-up-Technik mit einem hochfesten Polyäther-Abformmaterial. – **Abb. 4:** Auf dem Arbeitsmodell hergestellte Zahnaufstellung. – **Abb. 5:** Virtuelle Konstruktion der Steggeschiebekonstruktion mit distalen Attachments.

Optimierung der Fertigungstechnologie

Trotz der hohen und gut dokumentierten Überlebensraten von Stegkonstruktionen stellt sich die Frage nach möglichen Optimierungsstrategien, um technisch bedingte Fehler zu vermeiden. Traditionell erfolgt die Fertigung von Stegkonstruktionen mit gusstechnischen Verfahren. Insbesondere bei größeren Gussobjekten sind damit jedoch zunehmend Probleme in Form von Porositäten und Verzügen verbunden, die einerseits das Risiko des mechanischen Versagens erhöhen und andererseits zu einer reduzierten Passung führen (Jemt et al. 1999) (Abb. 2).

Die bekannten gusstechnischen Probleme haben bereits relativ früh zu Etablierung alternativer Techniken geführt. Der Einsatz präfabrizierter Implantatkomponenten, die nachfolgend durch Löten oder Laserschweißen gefügt wurden, war zwar ein Weg zur Verbesserung der Passgenauigkeit, doch birgt dieses Verfahren insbesondere bei größeren Konstruktionen den Nachteil einer zeitintensiven manuellen Nachbearbeitung. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass der Bereich der Fügestelle nur reduziert mechanisch belastbar ist.

Aus ökonomischen Gesichtspunkten wäre zudem eine Fertigung aus einem möglichst biokompatiblen Werkstoff mit ausreichender mechanischer Festigkeit wie zum Beispiel Reintitan oder einer Co-Cr-Legierung sinnvoll. Die Verarbeitung dieser Alternativwerkstoffe bietet jedoch gusstechnisch keine ausreichende Passgenauigkeit. In-vitro-Untersuchungen an gegossenen Implantatsuprastrukturen aus nicht-edelmetallischen Werkstoffen zeigten zwischen Suprastruktur und Implantataufbau mittlere Spalten im Bereich von 200 bis 230 μm (DeTorres et al. 2007). Zum Vergleich konnten bei gegossenen Strukturen aus Edelmetalllegierungen mittlere Spaltbreiten von 40 bis 50 μm bestimmt werden (Takahashi und Gunne 2003). Der Einsatz alternativer Werkstoffe erfordert also allein wegen der erforderlichen Präzision den Einsatz einer alternativen Fertigungstechnik. Idealerweise wird eine Suprakonstruktion aus einem industriell präfabrizierten Vollmaterial gefräst, um Inhomogenitäten sicher auszuschalten. Diesem Gedanken folgend wurde bereits vor mehr als zehn Jahren mit der frästechnischen Herstellung von Suprakonstruktionen im CNC-Verfahren begonnen. In-vitro-Untersuchungen mit dieser CAM-Technologie zeigten, dass die erreichbare Präzision derartiger Konstruktionen mit mittleren Spaltbreiten zwischen 20 und 30 μm besser ist als die Passgenauigkeit, die mit gegossenen Edelmetallgerüsten erreicht wird

(Takahashi und Gunne 2003). Mit moderner Scan- und Softwaretechnologie kann dieses Fertigungsprinzip auch auf den Bereich der virtuellen Konstruktion ausgedehnt werden. Das bereits bekannte Verfahren des CNC-FräSENS wird also um die Möglichkeit einer rein virtuellen Konstruktion ergänzt. Mittlerweile wird diese Technologie von unterschiedlichen Herstellern angeboten (z.B. CamStructure von BIOMET 3i und Compartis ISUS von DeguDent).

Falldarstellung

Der Herstellungsprozess soll nachfolgend anhand einer Stegversorgung mit dem Compartis ISUS System dokumentiert werden. Nach der Freilegung der Implantate erfolgt im nächsten Termin in gewohnter Weise die Abformung mit einem Abformmaterial, das durch eine hohe Endhärte eine sichere Fixierung der Abformpfosten gewährleistet (z.B. Impregum, 3M ESPE oder Monopren transfer, Kettenbach Dental) (Abb. 3).

Idealerweise erfolgen im Abformungstermin bereits eine erste Kieferrelationsbestimmung und die Abformung für das Gegenkiefermodell. Die anschließende Herstellung des Arbeitsmodells wird im Bereich der Implantate mit einer abnehmbaren Gingivamaske durchgeführt. Bei der ersten Bissnahme kann auch schon eine provisorische Modellmontage durchgeführt werden. Mit diesen Arbeitsunterlagen erfolgt dann die Zahnaufstellung auf einer Kunststoffbasis. Daher ist es sinnvoll, wenn bei diesem Arbeitsschritt bereits die entsprechenden Informationen zu Zahnfarbe und Zahnform vorliegen (Abb. 4).

Die Zahnaufstellung wird beim nächsten Behandlungstermin einprobiert und gegebenenfalls korrigiert. So kann eine exakte Kieferrelationsbestimmung durchgeführt werden und es liegen ausreichende Informationen für eine definitive Zahnaufstellung vor. Ebenfalls sollte in diesem Termin mit einem Übertragungsschlüssel die Präzision der Abformung überprüft werden. Für diesen Schlüssel können die ÜbertragungspfoSten auf dem Arbeitsmodell mit Kunststoff und einer Metallverstärkung verblockt werden. Dieser Schlüssel muss dann auf den Implantaten im Mund spannungs- und bewegungsfrei passen. Zur genauen Überprüfung der Abformpräzision ist es dabei sinnvoll, den sog. Scheffield-Test durchzuführen. Für diesen Test wird auf einer Seite am distalen Implantat eine Schraube in den ÜbertragungspfoSten eingebracht und festgedreht. Beim Festdrehen der Schraube darf sich der Übertragungsschlüssel nicht von den anderen Implan-



Abb. 6: Compartis ISUS-Steggeschiebe aus Reintitan, der Steg konnte ohne manuelle Nachbearbeitung eingegliedert werden. – **Abb. 7:** Fertiggestellte implantatretinierte Unterkieferprothese. – **Abb. 8:** Gute Passung bei einer CAD/CAM-gefertigten Stegkonstruktion aus Reintitan.

ten abheben. Auch dürfen keine Spalten auftreten. Lässt sich die Schraube ohne eine Bewegung des Übertragungsschlüssels anziehen, so kann man davon ausgehen, dass die Abformung exakt die Mundsituation wiedergegeben hat. Für den Fall, dass der Test negativ ausfällt, ist von einem Übertragungsfehler auszugehen. In diesem Fall sollte der Übertragungsschlüssel separiert und alle Übertragungspfeifen festgeschraubt werden, sodass eine neue Abformung erfolgen kann.

Nachdem sichergestellt ist, dass eine genaue Abformung vorliegt und die Zahnaufstellung angepasst wurde, kann mit der CAD/CAM-Herstellung der Suprakonstruktion begonnen werden. Zunächst erfolgt der Versand des Arbeitsmodells und der Zahnaufstellung an ein ~~ISUS-Designcenter~~. Dort wird nach den zahnärztlichen und zahntechnischen Vorgaben die virtuelle Konstruktion des Steges durchgeführt. Im vorliegenden Fall wurde eine Steggeschiebekonstruktion aus Titan mit distalen Attachments (Preci-Vertex, CEKA Deutschland) gewählt. Mit der Zahnaufstellung werden das zur Verfügung stehende Platzangebot für die Suprakonstruktion und die Ausrichtung zur Kauebene festgelegt. Diese Informationen bilden sodann die Basis für das computerunterstützte Design der Suprakonstruktion, den CAD-Prozess. Dafür werden zunächst spezielle Scanpfosten in die Implantate geschraubt, um die Implantatposition in einem ersten Scan zu erfassen. Danach erfolgt ein zweiter Scan mit der Wachsaufstellung, um das Platzangebot und die Orientierung der Suprakonstruktion festzulegen. Mithilfe einer speziellen Software erfolgt nun das Design der gewünschten Suprakonstruktion. Dieses stellt dann die Grundlage für die Fertigung der Suprakonstruktion im CNC-Verfahren dar (Abb. 5).

Zahntechniker und Behandler erhalten nun den Konstruktionsvorschlag des ~~ISUS-Designcenters~~ per E-Mail zur Freigabe oder zur Abstimmung eventuell notwendiger Änderungen. Sobald die Freigabe vorliegt, wird mit der Fertigung des Steges begonnen. Insbesondere beim Compartis-ISUS-System wird durch den Einsatz moderner ~~5-Achs~~-Fräsmaschinen und spezieller Frässtrategien mit allen verwendeten Werkstoffen eine perfekte Oberflächengüte erzielt, die eine manuelle Nachbearbeitung auch im Bereich von Geschiebeflächen überflüssig macht (Abb. 6).

Im Dentallabor kann nun mit der Herstellung der Sekundärkonstruktion begonnen werden. Im vorliegenden Fall wurde zunächst eine Sekundärstruktur in der Galvanotechnik gefertigt (Solaris, DeguDent) und die Kunststoff-

Matrizen für die Preci-Vertex-Geschiebe eingearbeitet. Anschließend wurde eine gegossene Tertiärstruktur aus einer Kobalt-Chrom-Legierung hergestellt und mit der Galvanostruktur verklebt. Die Fertigstellung der Suprakonstruktion erfolgte unter Verwendung der bereits vorhandenen Zahnaufstellung. Mehrere In-vitro-Untersuchungen belegen die hervorragende Passgenauigkeit dieser CAD/CAM-gefertigten Konstruktionen. Bei einem Vergleich von fünf unterschiedlichen Techniken für die Fertigung von Implantatsuprakonstruktionen zeigten CAD/CAM-Strukturen eine mittlere Passgenauigkeit von 25 µm, während gegossene Strukturen mittlere Spaltbreiten von 78 µm aufwiesen (Torsello et al. 2008) (Abb. 7).

Der Vorteil der CAD/CAM-Technologie liegt jedoch nicht nur in der hochpräzisen Fertigung von Suprastrukturen aus Reintitan und CoCr-Legierungen, sondern auch in ihrem breiten Indikationsspektrum. Ausgehend von den Scandaten erlaubt die virtuelle Konstruktion eine große Variationsbreite unterschiedlicher Formen von Suprakonstruktionen, vom einfachen Rundsteg bis zu Steggeschieben oder einem Brückengerüst für festsitzende Konstruktionen. Ebenso kann die Einarbeitung von aktiven Halteelementen wie extrakoronale Geschieben, Riegeln und Druckknöpfen mit einem CAD/CAM-System virtuell erfolgen.

Zusammenfassend ist die CAD/CAM-Technologie also ideal für die Verarbeitung alternativer Werkstoffe auf Titan- und NEM-Basis. Sie bietet folgende Vorteile:

- Hohe mechanische Belastbarkeit durch homogene, porenfreie Werkstoffe
- ~~Gute Passgenauigkeit durch präzise, verzugsfreie Fertigungstechnik~~
- Große Indikationsbreite durch individuelles computerunterstütztes Design.

Die Integration des virtuellen Designs ergänzt die langjährig bewährte frästechnische Fertigung und eröffnet somit neue Indikationen für die Verwendung von alternativen Werkstoffen in der Implantatprothetik. ■

ZWP online
Eine Literaturliste steht ab sofort unter www.zwp-online.info/fachgebiete/implantologie zum Download bereit.

■ KONTAKT

Dr. med. dent. Sven Rinke, M.Sc., M.Sc.

Geleitstr. 68, 63456 Hanau

E-Mail: rinke@ihr-laecheln.com