

# Klinische und technische Aspekte der implantatprothetischen Versorgung im zahnlosen Kiefer

## Perspektiven der CAD/CAM-Technologie

S. Rinke  
Hanau

**Der Erfolg einer implantatprothetischen Versorgung wird nicht nur durch objektive Kriterien, wie die Überlebensrate und die Häufigkeit technischer Komplikationen, bestimmt, sondern auch durch die subjektive Patientenzufriedenheit. Bei der Versorgung des zahnlosen Kiefers lassen sich anhand der verfügbaren Literatur Entscheidungskriterien für die Auswahl unterschiedlicher prothetischer Versorgungsformen ableiten. So ermöglichen innovative Fertigungstechniken auf CAD/CAM-Basis die wirtschaftliche und präzise Fertigung langzeitbewährter Designs von Suprakonstruktionen mit alternativen Werkstoffen auf NEM- und Titan-Basis. Die CAD/CAM-Technologie ist somit eine wertvolle Ergänzung der klassischen Fertigungstechniken bei der implantatprothetischen Versorgung des zahnlosen Kiefers.**

Die Versorgung des zahnlosen Kiefers gehört zu den klassischen Indikationen für eine implantatprothetische Versorgung. Klinische Studien dokumentieren für diese Versorgungsform eine hohe Überlebensrate im Bereich von 85–90% [1, 2] mit Beobachtungszeiten von bis zu 20 Jahren. Je nach Anzahl der inserierten Implantate haben sich unterschiedliche prothetische Konzepte für die Ausführung der Suprakonstruktionen etabliert [18]. Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen 3 unterschiedlichen Versorgungsformen:

1. rein implantatgetragene verschraubte Brückenkonstruktion auf 4–8 Implantaten,
2. rein implantatgetragene abnehmbare Coverdenture-Prothese auf 4–6 Implantaten,
3. implantatretinierte und gingival gelagerte Coverdenture-Prothese mit 2–4 Implantaten.

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

- Patientenzufriedenheit und Lebensqualität = subjektive Kriterien

- Überlebenswahrscheinlichkeit = objektive Kriterien
- notwendiger Erhaltungsaufwand während der prothetischen Funktionsperiode

### Kriterien für die Auswahl der Versorgungsform

Für alle 3 Versorgungskonzepte lässt sich im Vergleich zur konventionellen Totalprothese eine signifikante Steigerung der Patientenzufriedenheit und eine Verbesserung der Kaufähigkeit nachweisen [14, 17]. Dies bedeutet, dass bereits durch die Insertion von 2 bis 4 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, Kugelköpfe, Stege, Teleskope) bei einer abnehmbaren Versorgung die Patientenzufriedenheit beeinflusst. In einer vergleichenden Cross-Over-Studie wurde gezeigt, dass Magnete hinsichtlich der Stabilität und Retentionskraft sowie bei der erreichbaren Patientenzufriedenheit einer Verankerung durch Kugelköpfe unterlegen sind [3, 4]. Ein Vergleich von Kugelkopfelementen und Stegen zur Verankerung einer implantatretinierten Coverdenture-Prothese zeigte zwar keine Unterschiede in der Patientenzufriedenheit [11]. Doch es wurde eine signifikante Differenz in der technischen Komplikationsrate nachgewiesen. Nach einer Beobachtungszeit von 3 Jahren traten bei den kugelkopfverankerten Prothesen durchschnittlich 6,7 Reparaturen (= Besuche beim Zahnarzt pro Jahr) pro Patient auf, während es in der Gruppe der stegverankerten Prothesen lediglich 0,8 waren.

Stege als Verankerungselemente für abnehmbare Implantat-Suprakonstruktionen gewährleisten eine hohe Patientenzufriedenheit. Auf-

grund ihrer geringen technischen Komplikationsrate erfordern sie einen geringeren Erhaltungsaufwand als alternative Verankerungselemente [11]. Der erforderliche Erhaltungsaufwand ist ein wichtiges Kriterium für den prothetischen Langzeiterfolg. 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 Suprakonstruktions-Elementen geführt haben, ist darüber hinaus eine zahntechnische Intervention mit einer Neuanfertigung oder dem Ersatz einzelner Komponenten erforderlich, was zu weiteren Kosten für den Funktionserhalt führt.

Für die Bewertung der Stegkonstruktion als Verankerungselement ist jedoch zu berücksichtigen, dass es unterschiedliche Ausführungsformen gibt. Man unterscheidet zum einen das individuell gefräste Steggeschiebe (Abb. 2) und zum anderen den klassischen Rundsteg, der sowohl gusstechnisch als auch durch das Fügen präfabrizierter Elemente hergestellt werden kann (Abb. 3).

Der Steg auf 4 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 gefrästen Steggeschieben und Rundstegen aus Edelmetall zur Verankerung von Coverdenture-Prothesen durchgeführt [10]. 26 Patienten wurden mit Rundstegen versorgt, während 25 Patienten eine Suprakonstruktion mit einem individuellen Steggeschiebe auf jeweils 4 Implantaten erhielten. Nach einer Beobachtungszeit von 5 Jahren betrug die Überlebensrate der Implantate 100%, größere technische Komplikationen, die zu einer Erneuerung der Haltelemente führten, traten lediglich bei den Rundstegen in Form von Frakturen im Bereich der Extensionen auf. Die Frakturen an den mechanisch hochbelasteten Extensionen der Stege waren entweder auf Porositäten im Gussobjekt oder auf Inhomogenitäten im Bereich von Fugstellen zurückzuführen. Ferner konnte festgestellt werden, dass geringgradige Komplikationen (Aktivierung der Stegreiter) bei den Rundstegen 3-mal häufiger auftraten als bei den Steggeschieben.

Im Wesentlichen lassen sich somit 2 Fehlerursachen ableiten: zum einen Fehler, die auf die Herstellungstechnik (Guss- und Fügeverfahren) zurückzuführen sind und zum anderen Ursachen, die in Zusammenhang mit dem Design der Suprakonstruktion stehen.

Für die Stegverankerung im zahnlosen Oberkiefer sind in der Literatur 2 Ausführungsformen beschrieben. Die Stegversorgung auf 4 Implantaten im anterioren Segment und die Versorgung



Abb. 1 Subjektive und objektive prothetische Erfolgskriterien.



Abb. 2 Individuell gefräste Steggeschiebe-Konstruktion aus einer Edelmetall-Legierung.

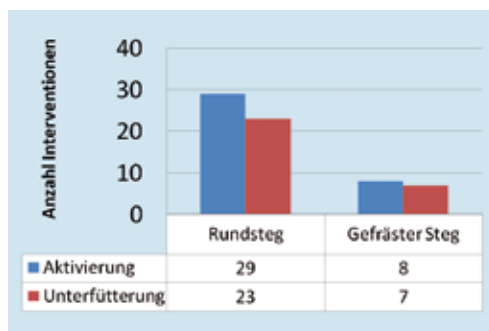


Abb. 3 Aus präfabrizierten Elementen gefertigter Rundsteg auf 4 Implantaten.

mit 2 Stegen auf 3 bis 4 Implantaten in den lateralen Segmenten des zahnlosen Oberkiefers (zumeist nach vorangegangener Sinusbodenaugmentation). Auch für die Anwendung des Stegs im zahnlosen Oberkiefer sind Daten aus klinischen Studien publiziert [10]. Für beide Versorgungskonzepte zeigten sich nach 5 Jahren nahezu identische Überlebensraten von 98,4% für die Stege im anterioren Segment und 97,4% für die Stegverankerung auf 6–8 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, das sich durch eine geringe technische Komplikationsquote und damit einen geringen Erhaltungsaufwand auszeichnet. Stegstellen damit ein klinisch erprobtes Verankerungselement für implantatretinierte und implantatverankerte 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 Implantat-Suprakonstruktionen ist nach der momentanen Datenlage nicht als evidenzbasiert zu bezeichnen, da bislang keinerlei Ergebnisse aus klinischen Studien zu diesem Verankerungselement vorliegen.

**Abb. 4** Häufigkeitsverteilung von klinischen Interventionen bei Steggeschieben und Rundstegen während einer Funktionsperiode von 5 Jahren (modifiziert nach [10]).



**Abb. 5** Massiver Passungs-mangel bei einer Stegkonstruktion auf 4 Implantaten.



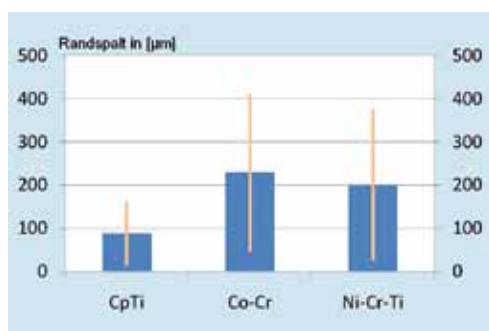
**Abb. 6** Fraktur einer gusstechnisch gefertigten Steggeschiebe-Konstruktion im Bereich der Extension.

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. Sie betonen den Vorteil bei der Kombination von natürlichen Zähnen mit Implantaten zur Verankerung einer abnehmbaren Konstruktion im Vergleich zu einer Stegversorgung.

### 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 [8], (Abb. 4).

**Abb. 7** Mittlere Randspaltbreiten bei gegossenen rein implantatgetragenen Suprastrukturen aus den Materialien Reintitan (CpTi), einer Kobalt-Chrom-Legierung (CoCr) und einer Nickel-Chrom-Titan-Legierung (Ni-Cr-Ti), (modifiziert nach [6])



Insbesondere im Bereich von Stegextension mit einer erhöhten mechanischen Belastung können Porositäten zu einem frühzeitigen mechanischen Versagen führen (Abb. 5).

Die bekannten gusstechnischen Probleme haben bereits relativ früh zur 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 den Nachteil einer insbesondere bei größeren Konstruktionen zeitintensiven manuellen Nachbearbeitung. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass der Bereich der Fügestelle nur reduziert mechanisch belastbar ist.

Aus weiteren Gesichtspunkten wäre zudem eine Fertigung aus einem möglichst biokompatiblen Werkstoff mit ausreichender mechanischer Festigkeit, wie zum Beispiel Reintitan oder einer Co-Cr-Legierung, möglich. Die Verarbeitung dieser Alternativwerkstoffe bietet jedoch gusstechnisch keine ausreichende Passgenauigkeit. In-vitro-Untersuchungen an gegossenen Implantat-Suprastrukturen aus nicht edelmetallischen Werkstoffen zeigten zwischen Suprastruktur und Implantataufbau mittlere Spalten im Bereich von 200–230 µm [6], (Abb. 7).

Zum Vergleich konnten bei gegossenen Strukturen aus Edelmetall-Legierungen mittlere Spaltbreiten von 40–50 µm bestimmt werden [15]. Der Einsatz alternativer Werkstoffe bedarf allein aus dem Grund der erforderlichen Präzision des Einsatzes einer alternativen Fertigungstechnik. Idealerweise wird eine Suprakonstruktion aus einem industriell präfabrizierten Vollmaterial gefräst, um Inhomogenitäten sicher auszuschließen. Diesem Gedanken folgend wurde bereits vor mehr als 10 Jahren mit der frästechnischen Herstellung von Suprakonstruktionen im CNC-Verfahren begonnen. Bei diesem Verfahren wurde nach der konventionellen Abformung zunächst eine Vorlage für die Suprakonstruktion aus Kunststoff und Wachs modelliert. Diese wurde anschließend mechanisch abgetastet. Der mit diesem mechanischen Scan-Verfahren gewonnene Datensatz diente zur Steuerung einer CNC-Maschine, um das Modell der Suprakonstruktion aus einem Block Reintitan zu fräsen. Diese unter der Bezeichnung Procera Implant Bridge bekannt gewordene Technik ist ein Kopierfräsverfahren, das eine CAD-unterstützte Fertigung nutzt. 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 Edelmetall-Gerüsten erreicht wird [15]. Die Ergebnisse einer klinischen Studie mit CNC-gefrästen Brückengerüsten zeigen nach ei-



ner mittleren Beobachtungsdauer von 10 Jahren eine Erfolgsrate von mehr als 95% für Implantate und Suprakonstruktion. Hierbei ist insbesondere die sehr geringe technische Komplikationsrate hervorzuheben [13]. Diese Ergebnisse belegen die grundsätzliche Eignung von CNC-gefrästen Suprakonstruktionen.

Mit moderner Scan- und Software-Technologie kann dieses Fertigungsprinzip auch auf den Bereich der virtuellen Konstruktion ausgedehnt werden. Das bereits bekannte Verfahren des CNC-FräSENS wird um die Möglichkeit einer rein virtuellen Konstruktion ergänzt, sodass auf das Modellieren einer Scan-Vorlage verzichtet werden kann. Mittlerweile wird diese Technologie von unterschiedlichen Herstellern angeboten (z. B. Compartis® ISUS von DeguDent). Die Herstellung läuft wie folgt ab: Zunächst werden eine konventionelle Abformung und ein Arbeitsmodell gefertigt. Im 2. Schritt erfolgt nach einer Kieferrelationsbestimmung die Wachsaufstellung, sie wird während einer Einprobe verifiziert.

Mit der Wachsaufstellung wird das zur Verfügung stehende Platzangebot für die Suprakonstruktion festgelegt. Diese Informationen bilden sodann die Basis für das computerunterstützte Design der Suprakonstruktion, den CAD-Prozess. Dafür werden zunächst spezielle Scan-Pfosten in die Implantate geschraubt, um die Implantatposition in einem ersten Scan zu erfassen. Danach erfolgt ein 2. Scan mit der Wachsaufstellung, um das Platzangebot und die Orientierung der Suprakonstruktion festzulegen. Mithilfe einer speziellen Software erfolgt nun das Design der gewünschten Suprakonstruktion, welches dann die Grundlage für die Fertigung der Suprakonstruktion im CNC-Verfahren darstellt (Abb. 6).

Mehrere In-vitro-Untersuchungen belegen die hervorragende Passgenauigkeit dieser CAD/CAM-gefertigten Konstruktionen. Bei einem Vergleich von 5 unterschiedlichen Techniken für die Fertigung von Implantat-Suprakonstruktionen zeigten CAD/CAM-Strukturen eine mittlere Passgenauigkeit von 25 µm, während gegossene Strukturen mittlere Spaltbreiten von 78 µm aufwiesen [16], (Abb. 7).

Der Vorteil der CAD/CAM-Technologie liegt jedoch nicht nur in der hoch präzisen Fertigung von Suprastrukturen aus Reintitan und CoCr-Legierungen, sondern auch in ihrem breiten Indikationsspektrum. Die Herstellung von individuell gefrästen Steggeschieben aus NEM oder Reintitan scheiterte bislang an der zeitaufwendigen und schwierigen Verarbeitung im Dentallabor. Mit der CAD/CAM-Technologie gelingt auch die Oberflächenbearbeitung dieser Werkstoffgruppe mit einer hervorragenden Qualität. Insbesondere beim Compartis-ISUS-System wird durch den Einsatz moderner Fräsmaschinen und spezieller Frässtrategien mit allen verwendeten

Werkstoffen eine perfekte Oberflächengüte erzielt, die eine manuelle Nachbearbeitung auch im Bereich von Geschiebeflächen überflüssig macht (Abb. 8).

Auch die Einarbeitung von aktiven Halteelementen, wie extrakoronale Geschieben, Riegeln und Druckknöpfen, kann mit einem CAD/CAM-System erfolgen. Ausgehend von den Scan-Daten erlaubt die virtuelle Konstruktion eine große Variationsbreite unterschiedlicher Formen von Suprakonstruktionen, vom einfachen Rundsteg bis zu Steggeschieben oder einem Brückengerüst für festsitzende Konstruktionen (Abb. 9–11).

Zusammenfassend ist die CAD/CAM-Technologie 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

### Indikationsbereiche für CAD/CAM-gefertigte Suprastrukturen

CAD/CAM-gefertigte Suprastrukturen können heute in Form von verschraubten Brücken und Stegverankerungen für die Versorgung des zahnlosen Ober- und Unterkiefers genutzt werden. Beide Versorgungsformen sind in der Literatur mit guten Langzeitdaten dokumentiert. Auch

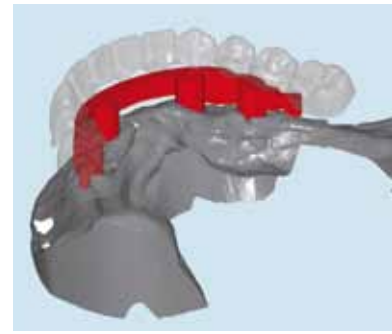


Abb. 8 Virtuelles Design einer Steggeschiebe-Konstruktion auf 4 Implantaten mit Compartis® ISUS.



Abb. 9 Gute Passung bei einer CAD/CAM-gefertigten Compartis®-ISUS-Stegkonstruktion aus Reintitan.



Abb. 10 Compartis®-ISUS-Steggeschiebe aus Reintitan. Der Steg konnte ohne manuelle Nachbearbeitung eingegliedert werden.



Abb. 11 CAM/CAM-gefertigter Rundsteg auf 4 Implantaten mit Compartis® ISUS.

hinsichtlich der Patientenzufriedenheit gibt es keine eindeutige Überlegenheit einer festsitzenden Versorgung [7]. Objektive und subjektive Kriterien sind für die Auswahl allein nicht bestimmend.

Welche Form der Suprakonstruktion verwendet wird, hängt im Wesentlichen von der Anzahl der inserierten Implantate ab. Erstaunlicherweise gibt es jedoch auch länderspezifische Unterschiede in der Präferenz unterschiedlicher Formen von Suprakonstruktionen bei der Versorgung des zahnlosen Kiefers: In einer Übersicht zur Häufigkeit von abnehmbaren und festsitzenden Versorgungen im zahnlosen Unterkiefer wurden folgende Unterschiede festgestellt: In den Niederlanden wurden 93% der zahnlosen Kiefer mit abnehmbaren Implantat-Suprastrukturen versorgt, während dieser Anteil in Schweden lediglich 12% betrug [5]. Der häufigste Grund für die Verwendung einer abnehmbaren Struktur waren finanzielle Erwägungen und umfangreiche Verluste bei Hart- und Weichgeweben, die durch eine festsitzende Versorgung nicht ausreichend ersetzt werden konnten. Auch die prothetische Lehrmeinung und das Erstattungsverhalten der Krankenversicherungen spielen eine große Rolle.

Die verschraubte Brückenkonstruktion auf 6–8 Implantaten gehört zu den traditionellen Versorgungsformen im zahnlosen Unterkiefer. Langzeituntersuchungen mit Beobachtungszeiten bis zu 20 Jahren belegen eine hohe Überlebensrate für Implantate und Suprakonstruktionen. Bei dieser Versorgungsform ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Vorteil einer bedingten Abnehmbarkeit mit entsprechenden ästhetischen Einbußen durch transokklusales Verschrauben erkaufte wird. Zumindest im Unterkiefer kann diese ästhetische Einschränkung zu einer reduzierten Patientenakzeptanz führen. Jedoch ist das Konzept der verschraubten Implantatbrücke interessant, wenn man eine festsitzende Versorgung auf 4 Implantaten im anterioren Segment anstrebt. Dieses auch als „all-on-four“ vorgestellte Versorgungskonzept mit distal angulierten Implantaten erfordert den Einsatz von Brückengerüsten mit distalen Extensionen [9, 12]. Die CAD/CAM-Fertigung unter Verwendung eines industriell präfabrizierten homogenen Ausgangsmaterials kann hier zu einer höheren Zuverlässigkeit und der Reduktion möglicher technischer Komplikationen führen.

Vielfältige Vorteile bietet die CAD/CAM-Technologie für die Herstellung von Stegkonstruktionen für die Verankerung abnehmbarer Restaurationen. Hier gelingt die Herstellung von hoch präzisen Rekonstruktionen aus einem homogenen Material, das sich gusstechnisch nicht vergleichbar verarbeiten lässt. Die Integration des virtuellen Designs ergänzt damit die langjährig be-

währte frästechnische Fertigung und eröffnet somit neue Indikationen für die Verwendung von alternativen Werkstoffen in der Implantatprothetik.

#### Literatur

- Attard NJ, Zarb GA. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant-fixed prostheses: The Toronto study. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 417–424
- Attard NJ, Zarb GA. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant-fixed prostheses: The Toronto study. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 425–433
- Burns DR, Unter JW, Elswick RK et al. Prospective clinical evaluation of mandibular implant overdentures: Part I – retention, stability, and tissue response. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 354–363
- Burns DR, Unter JW, Elswick RK et al. Prospective clinical evaluation of mandibular implant overdentures: Part II – patient satisfaction and preference. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 364–369
- Carlsson GE, Kronström M, de Baat C et al. A survey of the use of mandibular implant overdentures in 10 countries. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 211–217
- de Torres EM, Rodrigues RCS, de Mattos MGC et al. The effect of commercially pure titanium and alternative dental alloys on the marginal fit of one-piece cast implant frameworks. *J Dent* 2007; 35: 800–805
- Heydecke G, Boudrias P, Awad MA et al. Within-subject comparisons of maxillary fixed and removable implant prostheses. Patient satisfaction and choice of prosthesis. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14, 125–130
- Jemt T, Bäck T, Petersson A. Precision of CNC-milled titanium frameworks for implant treatment in the edentulous jaw. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 209–215
- Khatami AH, Smith CR. „All-on-four“ Immediate function concept and clinical report of treatment of an edentulous mandible with a fixed complete denture and milled titanium framework. *J Prosthodont* 2008; 17: 47–51
- Krennmair G, Krainhöfner M, Piehslinger E. The influence of bar design (round versus milled bar) on prosthodontic maintenance of mandibular overdentures supported by 4 implants: a 5-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 514–520
- MacEntee MI, Walton JN, Glick N. A clinical trial of patient satisfaction and prosthodontic needs with ball and bar attachments for implant-retained complete overdentures: Three-year results. *J Prosthet Dent* 2005; 93: 28–37
- Malo P, Nobre MA, Lopes A. The use of computer-guided flapless implant surgery and four implants placed in immediate function to support a fixed denture: Preliminary results after a mean follow-up period of thirteen months. *J Prosthet Dent* 2007; 97: S26–S34
- Örtorp A, Jemt T. CNC-milled titanium frameworks supported by implants in the edentulous jaw: a 10-year comparative clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009; 1–12
- Raghoobar GM, Jeijer HJA, Stegenga B et al. Effectiveness of three treatment modalities for the edentulous mandible. A five-year randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11: 95–201
- Takahashi T, Gunne J. Fit of implant frameworks: an in vitro comparison between two fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 256–260
- Torsello F, di Torresanto VM, Ercoli C et al. Evaluation of the marginal precision of one-piece complete arch titanium frameworks fabricated using five different methods for implant-supported restorations. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 772–779
- van der Bilt A, van Kampen FMC, Cune MS. Masticatory function with mandibular implant-supported overdentures fitted with different attachment types. *Eur J Oral Sci* 2006; 114: 191–196
- Zitzmann NU, Marinello CP. A review of clinical and technical considerations for fixed and removable implant prostheses in the edentulous mandible. *Int J Prosthodont* 2002; 15: 65–72

#### Korrespondenzadresse

Dr. Sven Rinke, M.Sc.  
Geleitstr. 68  
63456 Hanau  
E-Mail: rinke@ihr-laecheln.com