

Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

Publisher Herausgeber Editeur

Schweizerische Zahnärzte-
Gesellschaft SSO
Société Suisse
d'Odonto-Stomatologie
CH-3000 Bern 7

Editor-in-chief Chefredaktor Rédacteur en chef

Adrian Lussi, Bern

Editors Redaktoren Rédacteurs

Urs Belser, Genève
Andreas Filippi, Basel
Rudolf Gmür, Zürich

Assistant Editors Redaktions-Assistenten Rédacteurs assistants

Brigitte Zimmerli, Bern
Klaus Neuhaus, Bern

Adresse der wissenschaftlichen Redaktion

Prof. Adrian Lussi
Klinik für Zahnerhaltung,
Präventiv- und Kinder-
zahnmedizin
Freiburgstr. 7, 3010 Bern

Advisory board Gutachtergremium Comité de lecture

T. Attin, Zürich
P. Baehni, Genève
J.-P. Bernard, Genève
C.E. Besimo, Basel
M.M. Bornstein, Bern
D. Bosshardt, Bern
S. Bouillaguet, Genève
U. Brägger, Bern
W. Buchalla, Zürich
D. Buser, Bern
M. Cattani, Genève
B. Ciucchi, Genève
K. Dula, Bern
D. Ettlin, Zürich
G. Eyrich, Zürich
J. Fischer, Zürich
L.M. Gallo, Zürich
U. Gebauer, Bern
R. Glauser, Zürich
W. Gnoinski, Zürich
T. Göhring, Zürich

K.W. Grätz, Zürich
Ch. Hämmerle, Zürich
N. Hardt, Luzern
T. Imfeld, Zürich
K.H. Jäger, Basel
J.-P. Joho, Genève
R. Jung, Zürich
S. Kiliaridis, Genève
I. Krejci, Genève
J.Th. Lambrecht, Basel
N.P. Lang, Bern
T. Lombardi, Genève
H.U. Luder, Zürich
H. Lüthy, Neuchâtel
C. Marinello, Basel
G. Menghini, Zürich
R. Mericske-Stern, Bern
J. Meyer, Basel
J.-M. Meyer, Chêne-Bougeries
T. Mitsiadis, Zürich
A. Mombelli, Genève
W. Mörmann, Zürich
F. Müller, Genève
S. Palla, Zürich
S. Paul, Zürich

T. Peltomäki, Zürich
M. Perrier, Lausanne
Ch. Ramseier, Bern
M. Richter, Genève
H.F. Sailer, Zürich
G. Salvi, Bern
J. Samson, Genève
U.P. Saxer, Zürich
J.-P. Schatz, Genève
S. Scherrer, Genève
P.R. Schmidlin, Zürich
P. Schüpbach, Horgen
J. Türp, Basel
H. van Waes, Zürich
P. Velvart, Zürich
T. von Arx, Bern
T. Waltimo, Basel
F. Weber, Zürich
R. Weiger, Basel
A. Wichelhaus, Basel
A. Wiskott, Genève
M. Zehnder, Zürich
H.F. Zeilhofer, Basel
N.U. Zitzmann, Basel

JOANNIS KATSOULIS¹
JENS FISCHER²
SANDRA HUBER¹
SACHA BALMER¹
REGINA MERICSKE-STERN¹

¹ Klinik für Zahnärztliche Prothetik,
Zahnmedizinische Kliniken
der Universität Bern

² Klinik für Kronen- und
Brückenprothetik, Teilprothetik
und zahnärztliche Materialkunde,
Zentrum für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde der Universität
Zürich

Korrespondenzadresse

Dr. med. dent. Joannis Katsoulis, OA
Klinik für Zahnärztliche Prothetik
Zahnmedizinische Kliniken der
Universität Bern

Freiburgstrasse 7, CH-3010 Bern

Tel. 0041 31 632 25 86

Fax 0041 31 632 49 33

E-Mail:

joannis.katsoulis@zmk.unibe.ch

Schweiz Monatsschr Zahnmed 118:

1040–1046 (2008)

Zur Veröffentlichung angenommen:

14. Juli 2008

Titanlegierung vs. CoCr-Legierung in der Teilprothetik

Eine klinische Studie

Schlüsselwörter: Titanlegierung, Titangerüst, Teilprothetik, Modellgussprothese, Zufriedenheit

Zusammenfassung In der abnehmbaren Prothetik wurden verschiedene Titanlegierungen anstelle von CoCr-Legierungen als Material für Modellgussgerüste getestet. Die Entwicklung von geeigneten Einbettmassen und Giessverfahren (komplexe Gerüstformen, Porositäten) bei der Verwendung von Titanlegierungen mit verbesserten materialtechnischen Eigenschaften (E-Modul, Dehngrenze) haben neue Möglichkeiten in der Anwendung von Titan gebracht.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, in einer kurzen Übersicht die Verwendung von Titan in der Partialprothetik zusammenzufassen und prospektiv die klinische Eignung der Legierung Ti6Al7Nb für klammerverankerte Teilprothesen in einer kleinen Patientengruppe zu prüfen.

Für 10 Studienteilnehmer wurden 2 formidante Modellgussprothesen aus den Legierungen CoCr (remanium® GM 800+) und Ti6Al7Nb (girotan® L) angefertigt. Während je 6 Monaten trugen die Studienpatienten die Prothesen, zuerst das CoCr-Gerüst, dann das Ti6Al7Nb-Gerüst. Die Patienten füllten jeweils nach 1, 3 und 6 Monaten Beobachtungszeit einen Fragebogen mit Antwortmöglichkeiten auf der Visuellen Analogskala (VAS) aus. Pro-

thetische Komplikationen und Serviceleistungen wurden ebenfalls registriert. Nach Abschluss der 12-monatigen Studienzeit trugen die Studienteilnehmer nur noch die Prothese mit dem Titangerüst und füllten nach zusätzlichen 6 Monaten einen weiteren Fragebogen aus.

Die Parameter, welche das Design der Prothese betrafen, ergaben eine positive Beurteilung beider Prothesen. Geringfügige, nicht signifikante Unterschiede aus Sicht der Patienten ergaben sich für Tragekomfort, Stabilität und Klammerretention. Die klinischen Nachkontrollen der Prothesen nach jeweils 6-monatiger Tragezeit ergaben keine Unterschiede bezüglich technischer Aspekte, Nachsorgeleistungen oder allfälliger Komplikationen.

Die Titanlegierung Ti6Al7Nb (girotan® L) wird als Gerüstmaterial einer Teilprothese von den Patienten und den Behandlern als gleichwertig zur CoCr-Legierung angesehen. Objektiv wurden kaum materialtechnische Unterschiede beobachtet. Bei Patienten mit Allergien oder Materialunverträglichkeiten gegenüber einem oder mehreren Bestandteilen einer CoCr-Legierung kann die Titanlegierung bevorzugt eingesetzt werden.

Einleitung

Titan zeichnet sich durch eine hohe biologische Verträglichkeit aus und hat sich deshalb als Werkstoff der Wahl für Implantate durchgesetzt (OKABE & HERØ 1995; TSCHERNITSCHKE ET AL. 2005). Die Entwicklung von geeigneten Einbettmassen und Giessver-

fahren (komplexe Gerüstformen, Porositäten) bei der Verwendung von Titanlegierungen mit verbesserten materialtechnischen Eigenschaften (E-Modul, Dehngrenze) haben neue Möglichkeiten in der Anwendung von Titan gebracht. Es gab verschiedene Anläufe, Titan auch als Werkstoff für prothetische Rekonstruktionen zu verwenden. Nur wenige Studien zur

Anwendung von Titangerüsten in der Teilprothetik sind bisher durchgeführt worden. Insbesondere Langzeitresultate fehlen. Materialkundliche Aspekte und Probleme der Verarbeitung von Titan und Titanlegierungen sowie ihre praktischen Anwendungen sind zu wenig bekannt.

Aus Untersuchungen lässt sich schliessen, dass Reintitan von den technischen Daten her nicht geeignet ist, CoCr-Legierungen zu ersetzen (MORI ET AL. 1997, AU ET AL. 2000, TSE ET AL. 2006). Bei der Titanlegierung Ti6Al7Nb dagegen liegt die Dehngrenze höher als bei CoCr-Legierungen, sodass ein Retentionsverlust der Klammern weniger wahrscheinlich ist als bei CoCr-Legierungen. Der Elastizitätsmodul ist allerdings deutlich niedriger als bei CoCr-Legierungen, weshalb die Steifigkeit eines Gerüsts aus der Titanlegierung geringer ist als bei Verwendung einer CoCr-Legierung, was bei der Modellation der Gerüste berücksichtigt werden muss. Die In-vitro-Daten rechtfertigen aber den Einsatz der Legierung in einer kontrollierten klinischen Untersuchung (LENZ & LENZ 2002). Nach Kenntnis der Autoren liegen derartige Untersuchungen zurzeit noch nicht vor. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, eine kurze Übersicht zur Verwendung von Titan in der Partialprothetik zu geben und prospektiv die klinische Eignung der Legierung Ti6Al7Nb für klammerverankerte Teilprothesen in einer kleinen Patientengruppe zu prüfen.

Klinische Studie

In der vorliegenden klinischen Untersuchung wurden Gerüstprothesen mit beiden Metalllegierungen, d. h. CoCr und Ti6Al7Nb, an einer Kohorte getestet, während einer jeweils 6-monatigen Tragzeit beobachtet und verschiedene Befunde verglichen. Alle Patienten trugen nach dieser 1-jährigen Vergleichsperiode exklusiv die Gerüstprothesen mit der Titanlegierung weiter, sodass die Beobachtungszeit um 6 Monate verlängert werden konnte.

Material und Methoden

Patienten und Prothesen

Für die vorliegende Untersuchung wurden Patienten rekrutiert, bei denen eine Versorgung des Unterkiefers mit einer Klammerprothese indiziert war. Nach eingehender Anamnese, Befundaufnahme, Besprechung von weiteren möglichen Behandlungsvarianten und individueller Beratung erteilten die Patienten mit ihrer Unterschrift ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Studie. Insgesamt wurden 10 Patienten erfasst, 8 Männer und 2 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 64,4 Jahren bei Studienbeginn. Die Versorgung erfolgte im Rahmen des vorgegebenen Studiendesigns. Im Oberkiefer trugen 6 Patienten Totalprothesen, 2 Hybridprothesen, und 2 Patienten wiesen einen bezahnten Oberkiefer mit teilweise brückenprothetischen Versorgungen auf. Für jeden Patienten wurden 2 möglichst formidentische Modellgussprothesen angefertigt (Abb. 1). Die erste Teilprothese wurde mit einem Gerüst aus der CoCr-Legierung (remanium® GM 800+, Dentaurum, Ispringen, Deutschland), die zweite mit einem Gerüst aus der Ti6Al7Nb-Legierung (girotan® L, AmannGirrbach GmbH, Pforzheim, Deutschland) angefertigt (Tab. I).

Prothesenherstellung

Das zahnmedizinische und zahntechnische Vorgehen entsprach dem normalen Ablauf für diese Therapieform. Die Gerüste aus der Titanlegierung wurden ebenfalls nach Standardverfahren auf dem Duplikatmodell in Wachs modelliert,



Abb. 1 Teilprothesen mit verschiedenen Gerüstmaterialien: CoCr-Legierung (oben) und Titanlegierung (Ti6Al7Nb) (unten).

Tab. I Chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften der CoCr-Legierung (remanium® GM 800+) und der Titanlegierung Ti6Al7Nb (girotan® L).

	Legierung	
	Titan	CoCr
Chemische Zusammensetzung (Massen-%)	Ti 87	Co 63,3 Cr 30
	Al 7	Mo 5
	Nb 6	Si 1
		Mn, N, C < 1
Dichte (g/cm ³)	4,6	8,2
Dehngrenze 0,2% (MPa)	900	720
Zugfestigkeit (MPa)	850	960
E-Modul (GPa)	112	230
Bruchdehnung (%)	10	6
Vickershärte VH 10	340	370
Schmelztemperatur (°C)	1650	1410

anschliessend in eine Spezialeinbettmasse eingebettet und unter Argon gegossen (Symbiocast, AmannGirrbach GmbH, Pforzheim, Deutschland). Die Therapie wurde durch den immer gleichen Behandler vorgenommen und die Gerüste wurden durch nur einen Zahntechniker in dessen Labor hergestellt. Die Patienten trugen während der ersten sechs Monate die Teilprothese mit dem CoCr-Gerüst. Danach erfolgte der Wechsel zur zweiten Prothese mit dem Ti6Al7Nb-Gerüst. Nach der zweiten 6-monatigen Phase trugen die Patienten weiterhin nur noch das Titangerüst.

Fragebogen: Die Befragung der Patienten wurde mittels einer Visuellen Analogskala (VAS) durchgeführt (von Wert 0 = sehr negativ bis Wert 10 = sehr positiv). Der Fragebogen bestand aus folgenden Punkten: allgemeine Zufriedenheit, Komfort beim Tragen der Prothese, Stabilität, Kaufähigkeit, Metallgeschmack, Sprechfunktion, Handling (Einsetzen und Entfernen aus dem Mund), Reinigung, Food-Impaction und Ästhetik. Mit beiden Gerüsttypen erfolgte eine Befragung (gleicher Fragebogen) nach einem, drei und sechs Monaten Tragezeit. Der Zeitpunkt 1, 3, 6 (Monate nach Studienbeginn) bezieht sich auf das Vitallium-Gerüst, der Zeitpunkt 7, 9, 12 auf das Titangerüst. Für das Titangerüst wurde eine zusätzliche Befragung durchgeführt, und zwar nach weiteren 6 Monaten, d. h. zum Zeitpunkt 18. Die Befragungen erfolgten immer durch einen unabhängigen Untersucher, der an der Behandlung nicht beteiligt gewesen war.

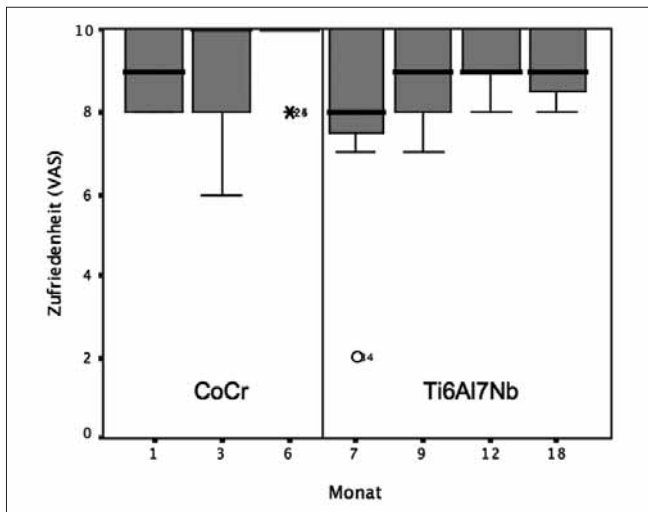


Abb. 2 Befragung zur Zufriedenheit gemessen mit der Visuellen Analog Skala (VAS) in den Monaten 1, 3, 6 (CoCr) sowie 7, 9, 12 und 18 (Ti6Al7Nb). Boxplot mit Median (Zentralwert), erstes und drittes Quartil (50% der Werte befinden sich innerhalb), Kreise und Sterne bezeichnen Ausreißer.

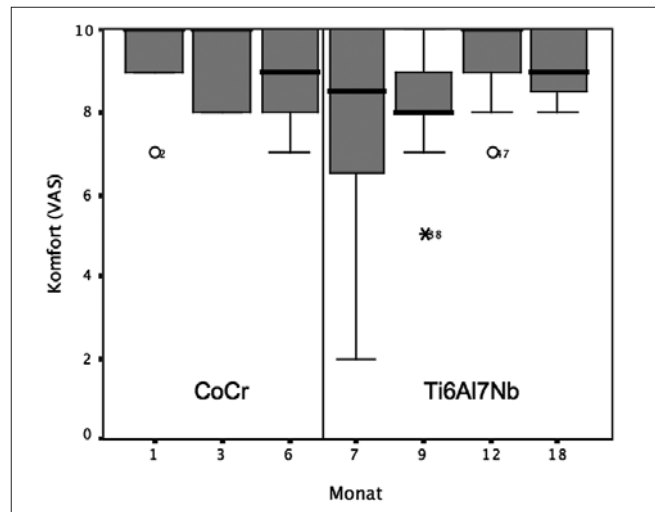


Abb. 3 Befragung zum Tragkomfort gemessen mit der Visuellen Analog Skala (VAS) in den Monaten 1, 3, 6 (CoCr) sowie 7, 9, 12 und 18 (Ti6Al7Nb). Boxplot mit Median (Zentralwert), erstes und drittes Quartil (50% der Werte befinden sich innerhalb), Kreise und Sterne bezeichnen Ausreißer.

Beurteilung der Prothesen

Die Gerüstprothesen wurden nach Abschluss der jeweils 6-monatigen Phase im Hinblick auf technische Mängel, Komplikationen und Notwendigkeit von Serviceleistungen nachuntersucht. Alle Nachkontrollen erfolgten wiederum durch den Untersucher, der an der Behandlung nicht beteiligt gewesen war. Technische Aspekte betrafen: Frakturen im Gerüst, Verbiegungen, Passungenauigkeit, Frakturen im Kunststoff, sonstige Abnutzungserscheinungen, schwache Klammerretention, Notwendigkeit von Unterfütterung, Druckstellen sowie Verfärbungen speziell am Übergang vom Metall-Gerüst zum Kunststoff.

Die statistische Analyse wurde mit dem SPSS-Programm (Version 11.0.4, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) durchgeführt.

Resultate

Fragebogen

Die Fragen nach Handling, Reinigung, Food-Impaction, Ästhetik, Sprechfunktion und Kaufähigkeit ergaben durchwegs Werte nahe bei VAS 10, ohne Streuung für beide Gerüsttypen. Auf Graphiken wird deshalb verzichtet.

Für beide Prothesentypen wurde eine hohe Zufriedenheit in der jeweils 6-monatigen Beobachtungsphase festgestellt (Abb. 2). Die Patienten mit der CoCr-Prothese waren nach 6 Monaten tendenziell zufriedener mit der Versorgung (Median 10) als die Patienten mit der Titanlegierung nach 6 und 12 Monaten (Median 9). Aber nur ein einziger Patient gab eine schlechte Wertung für die Titanlegierung zu Beginn der Tragezeit an (Befragung Monat 7).

Über den besten Komfort berichteten die Patienten mit der CoCr-Legierung nach einem Monat (1) (Abb. 3). Mit zunehmender Tragezeit nahmen die Werte geringfügig ab (6). Als deutlich schlechter mit grosser Streuung wurde der Komfort nach dem Wechsel auf die Titanlegierung angegeben (7), welcher sich in der Folge verbesserte und nach einem Jahr Tragedauer stabil hoch blieb (18).

Die Prothesen wurden als sehr stabil gewertet; nach 12 Monaten Tragedauer der Gerüstprothesen aus Titan fiel die Stabilität jedoch auf einen tieferen Wert (VAS 7) (Abb. 4).

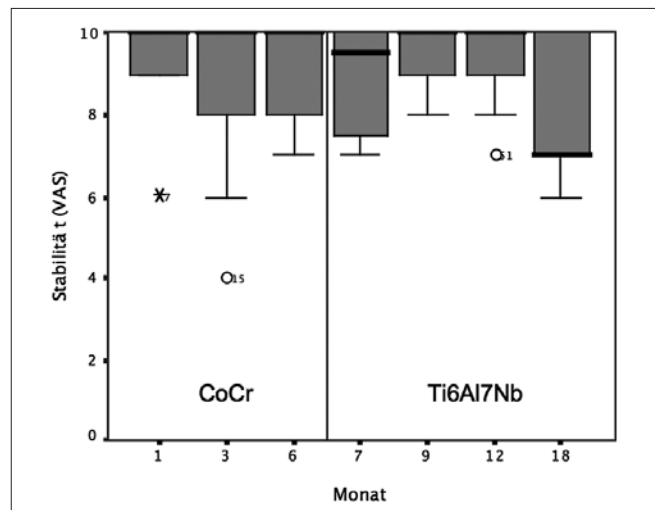


Abb. 4 Befragung zur Prothesenstabilität gemessen mit der Visuellen Analog Skala (VAS) in den Monaten 1, 3, 6 (CoCr) sowie 7, 9, 12 und 18 (Ti6Al7Nb). Boxplot mit Median (Zentralwert), erstes und drittes Quartil (50% der Werte befinden sich innerhalb), Kreise und Sterne bezeichnen Ausreißer.

Prothesennachuntersuchung

Es wurden keine Frakturen und keine Verbiegungen der Gerüste beobachtet. Für beide Gerüsttypen wurde eine gute Passgenauigkeit festgestellt, d.h., es waren keine abstehenden Gerüstteile wie Klammern oder Auflager, keine Schaukelbewegungen, keine direkt durch metallene Gerüstteile verursachten Druckstellen erkennbar. Eine Unterfütterung der Prothesen war im Beobachtungszeitraum nicht indiziert. Farbliche Veränderungen am Übergang Metall-Gerüst wurden nicht beobachtet. Insgesamt wurde bei 5 Fällen für beide Gerüsttypen keine zu schwache Klammerretention festgestellt, weder vom Zahnarzt noch vom Patienten. Bei den übrigen 5 Patienten wurde die Klammerretention für die zwei Gerüstmaterialtypen etwas unterschiedlich eingeschätzt (Abb. 5). Beim Titangerüst war es häufiger der Behandler, welcher eine zu schwache Klammerretention feststellte. Von Patientenseite wurde der Wunsch nach Aktivierung der Klammer etwas häufiger mit dem CoCr-Gerüst

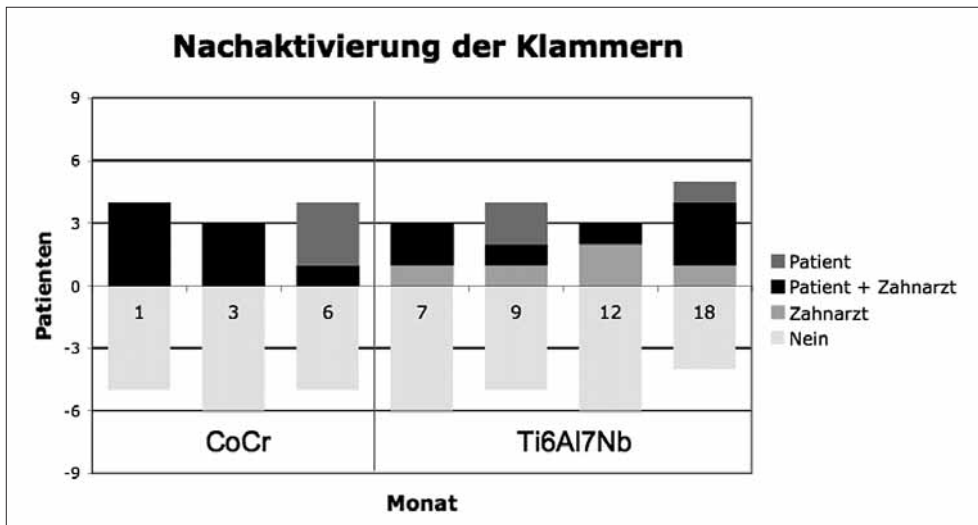


Abb. 5 Subjektive und objektive Beurteilung der Klammerretention in den Monaten 1, 3, 6 (CoCr) sowie 7, 9, 12 und 18 (Ti6Al7Nb).

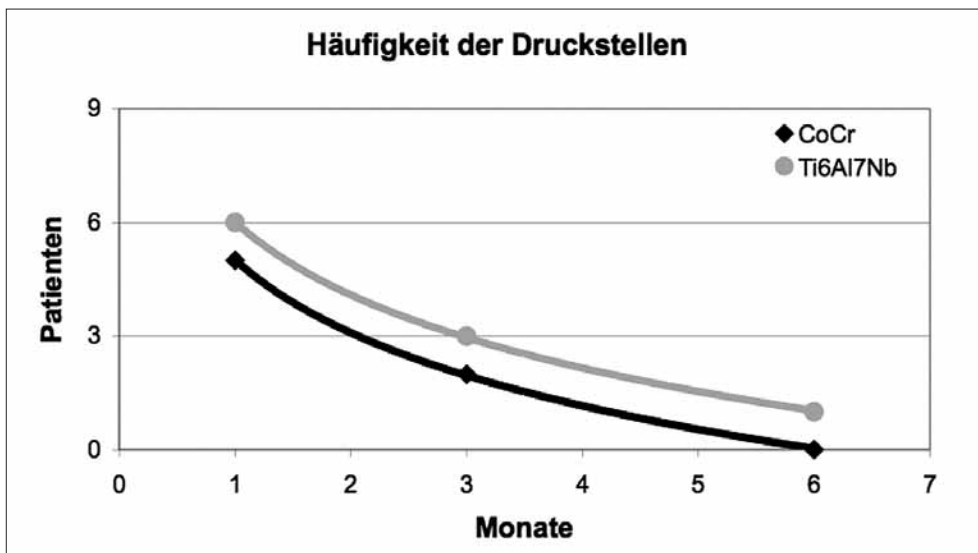


Abb. 6 Anteil der Patienten mit Druckstellen während der jeweils sechs Monate dauernden Beobachtungszeit.

geäußert, insbesondere nach der jeweils 6-monatigen Tragephase.

In mehr als der Hälfte der Fälle wurden nach einem Monat bei der Inspektion der Mukosa Bereiche mit leichter Rötung bis hin zu mechanisch-irritativen oberflächlichen Ulcerationen der Schleimhaut durch Prothesensättel festgestellt. Je länger die Prothesen getragen wurden, umso seltener traten Druckstellen auf. Die Anzahl Patienten mit schmerzhaften Stellen unter den Prothesensätteln nahm mit zunehmender Tragzeit bei beiden Gerüsttypen ab (Abb. 6).

Diskussion

In der herausnehmbaren Prothetik wurde versucht, Titan anstelle von CoCr-Legierungen als Material für Modellgussgerüste zu verwenden. Da Modellgussgerüste von der Konstruktion her komplexer sind als Brückengerüste und damit höhere Anforderungen an den Giessprozess stellen, wurden zahlreiche Untersuchungen zum Ausflussverhalten und zur Vermeidung von Porositäten beim Giessen derartiger Werkstücke aus Titan durchgeführt. Die Resultate von Giessversuchen zeigen, dass das Anstiftsystem keinen Einfluss auf den Volumenanteil an Porositäten hat, dass aber das Formfüllungsverhalten mit der Technik des verlorenen Kopfes am besten ist (AL-MESMAR ET AL.

1999). Bezüglich der Porositäten kommen WU ET AL. (2002) in einem Rechenmodell zu vergleichbaren Ergebnissen. Das vollständige und porenfreie Ausfließen der Klammerarme ist entscheidend für die klinische Funktion (BALTAG ET AL. 2005, BALTAG ET AL. 2002, BRIDGEMAN ET AL. 1997). Reintitan hat aufgrund des niedrigen Elastizitätsmoduls von etwa 100 GPa nicht die Steifigkeit wie die traditionellen CoCr-Legierungen, deren Elastizitätsmodul doppelt so hoch ist. Die Retentionskräfte sind deshalb bei Titanklammern unter der Voraussetzung gleicher Dimensionen etwa halb so hoch wie bei CoCr-Klammern (TSE ET AL. 2006). Die Wechsellastbeständigkeit von Titanklammern liegt deutlich unter den Werten von CoCr-Legierungen (VALITTU & KOKKONEN 1995). Weil CoCr-Legierungen einen mehr als doppelt so hohen Elastizitätsmodul aufweisen, führt die Steifigkeit dieses Legierungstyps eher zu einem Aufbiegen der Klammern und einem damit verbundenen Retentionsverlust als bei Titan (AU ET AL. 2000). Die Autoren erachteten aber für das Titan eine höhere Dehngrenze als wünschenswert, um Ermüdungsbrüche zu vermeiden. Dies kann nur in Form einer Titanlegierung erreicht werden.

Die technischen Daten der Titanlegierung Ti6Al7Nb liegen im gleichen Bereich wie bei Ti6Al4V (FREESE ET AL. 2001). Gegenüber Ti6Al4V, welches zytotoxisches Vanadium enthält (VALKO ET AL. 2005), weist die Nb-haltige Legierung aber eine

deutlich niedrigere Korrosionsrate auf, die praktisch identisch ist mit der Korrosionsrate von Reintitan (LENZ & LENZ 2002, KOBAYASHI ET AL. 1998). Die bleibende Deformation von Klammern aus Ti6Al7Nb im Dauerlastwechsel ist deutlich geringer als diejenige von CoCr- oder Gold-Legierungen (MAHMOUD ET AL. 2005). Dies kann auf die hohe Dehngrenze der Titanlegierung zurückgeführt werden. Laboruntersuchungen mit Teilprothesen aus einer CoCr-Legierung und der Legierung Ti6Al7Nb unter Verwendung verschiedener Konstruktionsarten (Palatinalband, Lochplatte und Hufeisendesign) haben gezeigt, dass für die Titanlegierung das Design mit dem Palatinalband am besten geeignet ist (SRIMANEPPONG ET AL. 2004). Um den im Vergleich zu CoCr-Legierungen niedrigen E-Modul zu kompensieren, haben ARIDOME ET AL. (2005) mittels Finite-Element-Analysen den Einfluss unterschiedlicher Querschnitte des Palatinalbandes auf die Steifigkeit einer Teilprothese berechnet. Eine Verbreiterung oder Verdickung des Palatinalbandes führte zu Resultaten, die mit standardisiert konstruierten CoCr-Legierungen vergleichbar sind. Die berechneten Ergebnisse wurden mit entsprechenden Prüfkörpern bestätigt, indem die Verformung unter einer Last von 30N mittels Dehnungsmessstreifen erfasst wurde. Das Verhalten im Giessprozess wurde mehrfach untersucht. Das Formfüllungsvermögen von Ti6Al7Nb war zwar etwas schlechter als das von Titan und einer CoCr-Legierung, die Bildung von Porositäten war jedoch deutlich geringer als bei Titan und die Porositäten deutlich kleiner als bei der CoCr-Legierung (WANG ET AL. 1999).

Die Parameter Handling, Reinigung, Food-Impaction, Ästhetik, Sprechfunktion und Kaufähigkeit widerspiegeln in erster Linie Charakteristika des Gerüst- und Prothesendesigns. In der vorliegenden Studie deuten die VAS-Resultate entsprechend darauf hin, dass beide Gerüstprothesen durch die Patienten als gleichwertig, identisch betrachtet wurden, obwohl der Wechsel zum Titangerüst etwas negativere Werte bezüglich allgemeiner Zufriedenheit, Komfort und Stabilität ergab. Ein Patient klagte einen Monat nach dem Wechsel auch über Probleme beim Einsetzen der Prothese. Zu Beginn traten mit beiden Prothesen durch die Prothesenbasis verursachte Druckstellen auf, was typisch für abnehmbare Prothesen ist. Die Häufigkeit war bei den Prothesen mit der Titanlegierung etwas höher. Die Abnahme im Laufe der Tragezeit war bei beiden Prothesentypen gleich. Nach 18 Monaten war bei den Prothesen mit der Titanlegierung wieder ein leichter Anstieg der Druckstellen zu verzeichnen, was mit den Veränderungen der prothesetragenden Gewebe erklärt werden kann. Eine Studie wies darauf hin, dass bei Klammerprothesen die Gewebe stärker belastet werden, als wenn Teilprothesen durch ganz starre Verankerungen wie Teleskope gehalten werden (IGARASHI ET AL. 1999). In einer vergleichbar klinischen Untersuchung (THOMAS ET AL. 1997) trugen die Probanden jeweils für zwei Wochen identische Teilprothesen mit einem Titan- bzw. einem CoCr-Gerüst. Die Probanden beurteilten die Teilprothesen mit Titangerüsten zu 64% als angenehmer, 18% waren unentschieden, ebenfalls 18% bevorzugten die CoCr-Gerüste. Nach Ablauf dieser vier Wochen trugen die Probanden ausschliesslich die Teilprothesen mit den Titangerüsten. Analog zur vorliegenden Studie wurden dann ausschliesslich die Titangerüste getragen. Nach 2 Jahren waren alle Patienten mit den Titangerüsten zufrieden. Das Ergebnis deckt sich mit der vorliegenden Untersuchung, bei der ebenfalls ein hoher Grad an Zufriedenheit festgestellt wurde. 10% der Patienten beklagten sich in der zitierten Untersuchung nach 2 Jahren über einen Stabilitätsverlust. In der vorliegenden Untersuchung fiel die Bewertung der Prothesenstabilität nach einem Jahr auf der VAS-Skala auf einen Wert

von 7. Allgemein ist bekannt, dass Gerüstprothesen von den Patienten nicht immer gerne getragen werden und Neuanfertigungen aus verschiedenen Gründen recht rasch indiziert sind (WÖSTMAN ET AL. 2005). Wird zu Beginn die Prothese als Verbesserung der Kaufähigkeit dank des Ersatzes wichtiger Zähne positiv beurteilt, lässt sich die Abnahme der Zufriedenheit nach einer gewissen Tragezeit durch Gewöhnheit erklären. Der Patient verlangt zunehmend besseren Halt und mehr Stabilität. Die von der gleichen Autorengruppe (AU ET AL. 2000) durchgeführte 2. klinische Studie zeigte technische Komplikationen in Form von Frakturen und Retentionsverlust. Während die Anzahl Frakturen gering und nicht unterschiedlich war, war der Retentionsverlust nach 2 Jahren bei CoCr-Gerüsten mit 21,4% deutlich häufiger als bei den Titangerüsten mit 10,5%. Technische Komplikationen traten in der vorliegenden Untersuchung nicht auf, aber bei 5 Gerüstprothesen mit der Titanlegierung wurde die Klammerretention durch den Untersucher als zu schwach beurteilt.

Die Herstellung von Teilprothesengerüsten aus Titan und Titanlegierungen ist technisch anspruchsvoll. Die ungleichen physikalischen Materialeigenschaften wie z. B. Dehngrenze oder Elastizitätsmodul (Tab. I) müssen in der Gerüstmodellation berücksichtigt werden. Nach wie vor hat Titan oder die Titanlegierung kaum Eingang in die Gerüstprothetik gefunden, da der Grossteil der Labors keine Einrichtung für die Titanverarbeitung besitzt. Einen Aufschwung erlebt die Titantechnologie im Rahmen der Einführung von CAD/CAM-Systemen (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), welche die Bearbeitung von Titan deutlich einfacher machen und eine hohe Materialqualität garantieren (MEHL & HICKEL 1999). Die heute ebenfalls verbesserte CAD/CAM-gesteuerte Verarbeitung von Aluminiumoxid und Zirkoniumdioxid wird in Zukunft aus ästhetischen Gründen die metallischen Werkstoffe als Gerüstmaterialien wahrscheinlich zurückdrängen. Gerade für ausgedehnte, implantatverankerte festsitzende Rekonstruktionen werden aber nun Titangerüste gerne eingesetzt, z. B. in Kombination mit der Wrap-around-Technik (BALMER & MERICSKE-STERN 2006). Solche Arbeiten sind kostengünstiger, zeigen gute Passgenauigkeit, sind federleicht im Vergleich zu VMK-Rekonstruktionen und vermögen, ästhetische Ansprüche zu erfüllen. Es gibt zudem heute erste Laborversuche, teilprothetische Gerüste aus Titanlegierungen im CAD/CAM-Verfahren herzustellen (WILLIAMS ET AL. 2004), aber noch ohne klinische Anwendung. Grundsätzlich stellt sich die Frage, wie gross die Nachfrage nach abnehmbarer Prothetik in Zukunft sein wird. In den letzten zehn Jahren (1992–2002) zeigte sich eine leichte Abnahme des Zahnverlustes in der Schweizer Bevölkerung, mit einem Trend zu festsitzenden Rekonstruktionen. Dennoch war die Prävalenz abnehmbarer Prothesen bei Frauen, älteren Menschen und solchen mit niedrigem Einkommen hoch (ZITZMANN ET AL. 2008).

Schlussfolgerungen

Trotz kleiner Probandenzahl in der vorliegenden Studie zeigt die Titanlegierung bei teilprothetischen Rekonstruktionen keine relevanten Unterschiede materialtechnischer Art. Die Akzeptanz war bei den Patienten gut und unter dem Vorbehalt, dass es sich nicht um Langzeitdaten handelt, kann die Titanlegierung gleichwertig zur CoCr-Legierung als Gerüstmaterial in der Teilprothetik angesehen werden. Insbesondere bei Patienten mit Allergien oder Materialunverträglichkeiten gegenüber einem oder mehreren Bestandteilen einer CoCr-Legierung kann die Titanlegierung bevorzugt eingesetzt werden.

Verdankung

Die Autoren danken der Firma Amann-Girrbach für die Überlassung des Materials zur Anfertigung der Prothesen und die finanzielle Unterstützung sowie den Zahntechnikern (Labor Schär/Hr. Schär, Bern und Denatal-Studio/Hr. Rufener, Bern) für die Anfertigung der Teilprothesengerüste.

Summary

KATSOLIS J, FISCHER J, HUBER S, BALMER S, MERICSKE-STERN R: **Titanium-alloy vs. CoCr-alloy in removable prosthodontics – A clinical study** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 118: 1040–1046 (2008)

Different types of titanium-alloys instead of CoCr-alloys have been tested as material for the framework of removable partial dentures (RPD). Adequate casting and processing techniques have been developed which enable to fabricate frameworks of complex designs and the problem limits porosity. This opened new possibilities for the use of titanium-alloys with improved properties (E-module). The aim of this study was to summarise the use of titanium in removable prosthodontics and to evaluate prospectively the use of the Ti6Al7Nb-alloy for RPDs in a small group of patients.

Two identically designed RPDs from CoCr-alloy (remanium® GM 800+) and Ti6Al7Nb-alloy (girotan® L) were produced for ten patients. They had to wear each RPD during six months, first the CoCr-RPD and then the Ti6Al7Nb-RPD. A questionnaire (visual analogue scale = VAS) was completed by the patients after one, three and six months of function for each RPD. Prosthetic complications and service needed were recorded. After the end of the entire observation period of twelve months, the patients remained with the Ti6Al7Nb-RPD and answered the questionnaire after another six months. All parameters regarding the design of the RPDs were positively estimated by the dentist. Minimal, not significant differences were noted by the patients concerning comfort, stability and retention (VAS). Clinically, no differences in technical aspects or regarding biological complications were observed after six-months periods. The Ti6Al7Nb-alloy (girotan® L) for the framework of RPDs was judged by patients and professionals to be equivalent to RPDs made from CoCr-alloy. No differences in material aspects could

objectively be observed. The Ti6Al7Nb-alloy can be beneficial for patients with allergies or incompatibility with one or several components of the CoCr-alloy.

Résumé

Différents alliages de titane ont été testés comme matériel de châssis pour des prothèses amovibles comme substitut d'alliages CoCr. Le développement de masses réfractaires appropriées et de procédés de coulage (formes complexes, porosités) pour des alliages de titane aux propriétés améliorées (module E, limite de dilatation) ont ouvert de nouvelles possibilités. Cette étude a pour but de donner un aperçu sur l'application d'alliages de titane en prothétique amovible et d'évaluer cliniquement et prospectivement l'alliage Ti6Al7Nb sur un petit nombre de patients.

Deux prothèses amovibles identiques, l'une en alliage CoCr (remanium® GM 800+) et l'autre en Ti6Al7Nb (girotan® L), ont été confectionnées pour 10 patients. Les patients ont porté chaque prothèse pendant 6 mois. En premier celle avec le châssis en alliage CoCr et ensuite celle avec le châssis en Ti6Al7Nb. Après 1, 3 et 6 mois, les patients ont répondu à un questionnaire avec une échelle visuelle analogique (EVA). Les complications prothétiques ainsi que les prestations d'entretien par le médecin dentiste ont aussi été enregistrées. A la fin des 12 mois d'étude, tous les patients portaient la prothèse amovible en titane. Après 6 mois supplémentaires les patients ont répondu à un nouveau questionnaire.

Les paramètres concernant le design des prothèses ont été estimés positivement pour les deux types d'alliages. Du point de vue des patients et des examinateurs, des différences minimales et non significatives concernant le confort, la stabilité et la tenue sont apparues. Les contrôles cliniques après 6 mois n'ont pas montré de différences concernant les aspects techniques, les prestations d'entretien ou d'autres complications.

Pour les patients ainsi que pour les examinateurs, l'alliage Ti6Al7Nb (girotan® L) est estimé équivalent à l'alliage CoCr comme matériel de châssis pour une prothèse amovible. Objectivement, il n'y avait pas de différences en usage clinique des deux matériaux. L'alliage de titane peut être favorisé dans le cas de patients souffrants de réactions allergiques ou d'intolérance contre un ou plusieurs composants de l'alliage CoCr.

Literaturverzeichnis

- AL-MESMAR H S, MORGANO S M, MARK L E: Investigation of the effect of three sprue designs on the porosity and the completeness of titanium cast removable partial denture frameworks. *J Prosthet Dent* 82: 15–21 (1999)
- ARIDOME K, YAMAZAKI M, BABA K, OHYAMA T: Bending properties of strengthening Ti-6Al-7Nb alloy major connectors compared to Co-Cr alloy major connectors. *J Prosthet Dent* 93: 267–273 (2005)
- AU A R, LECHNER S, THOMAS C J, MORI T, CHUNG P: Titanium for removable dentures (III): 2-year follow-up in an undergraduate programme. *J Oral Rehab* 27: 978–984 (2000)
- BALMER S, MERICSKE-STERN R: Implant-supported bridges in the edentulous jaw. Clinical aspects of a simple treatment concept. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 116(7): 728–739 (2006)
- BALTAG I, WATANABE K, KUSAKARI H, MIYAKAWA O: Internal porosity of cast titanium removable partial dentures. Influence of sprue design on porosity in circumferential clasps of a clinical framework design. *J Prosthet Dent* 88: 151–158 (2002)
- BALTAG I, WATANABE K, MIYAKAWA O: Internal porosity of cast titanium removable partial dentures: influence of sprue direction and diameter on porosity in simplified circumferential clasps. *Dent Mater* 21: 530–537 (2005)
- BRIDGEMAN J T, MARKER V A, HUMMEL S K, BENSON B W, PACE L L: Comparison of titanium and cobalt-chromium removable partial denture clasps. *J Prosthet Dent* 78: 187–193 (1997)
- FREESE H L, VOLAS M G, WOOD J R: Metallurgy and technological properties of titanium and titanium alloys. In: Brunette D M, Tengvall P, Textor M, Thomsen P (Hrsg.). *Titanium in Medicine*, Springer, Berlin 2001, 31–35
- IGARASHI Y, OGATA A, KUROIWA A, WANG C H: Stress distribution and abutment tooth mobility of distal-extension removable partial dentures with different retainers: an in vivo study. *J Oral Rehabil* 26: 111–116 (1999)
- KOBAYASHI E, WANG T J, DOI H, YONEYAMA T, HAMANAKA H: Mechanical properties and corrosion resistance of Ti-6Al-7Nb alloy dental casting. *J Mater Sci Mater Med* 1998, 9: 567–574 (1998)
- LENZ E, LENZ U: Studie zum Einsatz einer Titan-Aluminium-Niob-Legierung in der zahnärztlichen Prothetik. *Quintessenz zahntech* 28: 122–134 (2002)
- MAHMOUD A, WAKABAYASHI N, TAKAHASHI H, OHYAMA T: Deflection fatigue of Ti-6Al-7Nb, Co-Cr, and gold alloy cast clasps. *J Prosthet Dent* 93: 183–188 (2005)
- MEHL A, HICKEL R: Current state of development and perspectives of machine-based production methods for dental restorations. *Int J Comput Dent* 2: 9–35 (1999)
- MORI T, TOGAYA T, JEAN-LOUIS M, YABUGAMI M: Titanium for removable dentures. I. Laboratory procedures. *J Oral Rehab* 24: 338–341 (1997)
- OKABE T, HERØ H: The use of titanium in dentistry. *Cells Mater* 5: 211–230 (1995)
- SRIMANEEPONG V, YONEYAMA T, WAKABAYASHI N, KOBAYASHI E, HANAWA T, DOI H: Deformation properties of Ti-6Al-7Nb alloy castings for removable partial denture frameworks. *Dent Mater J* 23: 497–503 (2004)
- THOMAS C J, LECHNER S, MORI T: Titanium for removable dentures. II. Two-year clinical observation. *J Oral Rehab* 24: 414–418 (1997)
- TSCHERNITSCHKEK H, BORCHERS L, GEURTSSEN W: Non-alloyed titanium as a bioinert metal – a review. *Quintessence Int* 36: 523–530 (2005)
- TSE E T P, CHING L Y Y, LUK H W K, CHU F C S, CHAI J, CHOW T W: Comparison of the retentive characteristics of cobalt-chromium and commercially pure titanium clasps using a novel method. *Int J Prosthodont* 19: 371–372 (2006)
- VALKO M, MORRIS H, CRONIN M T: Metals, toxicity and oxidative stress. *Curr Med Chem* 12: 1161–1208 (2005)
- VALLITTU P K, KOKKONEN M: Deflection fatigue of cobalt-chromium, titanium, and gold alloy cast denture clasp. *J Prosthet Dent* 74: 412–419 (1995)
- WANG T J, KOBAYASHI E, DOI H, YONEYAMA T: Castability of Ti-6Al-7Nb alloy for dental casting. *J Med Dent Sci* 46: 13–19 (1999)
- WILLIAMS R, BIBB R, EGGBEER D: CAD/CAM in the fabrication of removable partial denture frameworks. *Quintessence Dental Techn* 2: 268–276 (2004)
- WÖSTMANN B, BUDTZ-JØRGENSEN E, JEPSON N, MUSHIMOTO E, PALMQVIST S, SOFOU A, OWALL B: Indications for removable partial dentures: a literature review. *Int J Prosthodont* 18(2): 139–145 (2005)
- WU M, WAGNER I, SAHM P, AUGTHUN M: Numerical simulation of the casting process of titanium removable partial denture frameworks. *J Mater Sci Mater Med* 13: 301–306 (2002)
- ZITZMANN N U, STAHELIN K, WALLS A W, MENGHINI G, WEIGER R, ZEMP STUTZ E: Changes in oral health over a 10-yr period in Switzerland. *Eur J Oral Sci* 116(1): 52–59 (2008)