

Einflussfaktoren auf die Rehabilitation des Oberkiefers bei einer Sofortbelastung: Eine prospektive Studie über sechs Jahre



Paolo Pera, MD, DDS¹/Maria Menini, DDS, PhD²
Marco Bevilacqua, DDS³/Paolo Pesce, DDS⁴
Francesco Pera, DDS, PhD³/Alessio Signori, MSc⁵
Tiziano Tealdo, DDS, MS, CDT³

In dieser prospektiven Studie wurden die 6-Jahres-Ergebnisse von Patienten, die im Oberkiefer mit einem Sofortbelastungsprotokoll (Columbus Bridge Protocol) rehabilitiert wurden, untersucht. Dazu wurden bei 37 Patienten insgesamt 164 Implantate gesetzt und innerhalb von 24 bis 36 Stunden belastet. Vier dieser Implantate gingen in den ersten sechs Monaten verloren. Bei der Kontrolle nach sechs Jahren wurde ein mittlerer Knochenverlust von 1,52 mm festgestellt, der an konischen Implantaten signifikant ($p < 0,0083$) geringer ausfiel als an zylindrischen Implantaten und an Implantaten mit maschinierem Hals stärker als an säuregeätzten Implantaten ($p < 0,0083$). An anguliert und gerade gesetzten Implantaten unterschied sich der Knochenverlust ebenso wenig statistisch signifikant wie mesial und distal an den Implantaten. Auch die Abwinkelung des Abutments und der Grund des Zahnverlusts wirkten sich nicht signifikant auf den Knochenverlust aus. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 625–633.)

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Artikel über die Behandlung des unbezahnten Oberkiefers mit einer Implantat-Sofortbelastung veröffentlicht. Dabei ergaben sich für dieses technisch anspruchsvolle Verfahren (anatomische Beschränkungen wegen der geringen Knochenqualität und der Kieferhöhle bei atrophiertem Oberkiefer) günstige Resultate^{1–6}. Allerdings gibt es hierzu keine Langzeitstudien und weitere Untersuchungen sind erforderlich, um die Effektivität dieser Verfahren und ihre Zuverlässigkeit über lange Zeiträume zu belegen^{1,2}.

2004 erstellte die Abteilung für dentale Implantologie und Prothetik der Universität Genua in Genua, Italien, für festsitzende implantatgetragene Restaurationen im unbezahnten Oberkiefer ein klinisches Behandlungsprotokoll – das Columbus Bridge Protocol (CBP) mit vier bis sechs sofortbelasteten Implantaten^{3,4}. Das CBP umfasst chirurgische und prothetische Maßnahmen zur Verbesserung der Implantatstabilität und Kontrolle der Belastung, die als Schlüsselfaktoren bei der Sofortbelastung mit Vollrestaurationen gelten. Vorausgegangene Studien ergaben für die CBP über einen Zeitraum von einem Jahr bzw. drei Jahren ermutigende Ergebnisse^{3,4}.

In der vorliegenden prospektiven Studie wurden die klinischen Ergebnisse sofortbelasteter Implantate im

¹ Ordentlicher Professor und Leiter, Department of Implant and Prosthetic Dentistry, University of Genoa, Genua, Italien.

² Assistenzprofessorin, Department of Implant and Prosthetic Dentistry, University of Genoa, Genua, Italien.

³ Dozent, Department of Implant and Prosthetic Dentistry, University of Genoa, Genua, Italien.

⁴ Doktorand, Department of Implant and Prosthetic Dentistry, University of Genoa, Genua, Italien.

⁵ Dozent, Department of Health Sciences, Section of Biostatistics, University of Genoa, Genua, Italien.

Korrespondenz an: Dr. Paolo Pera, Department of Implant and Prosthetic Dentistry (DISC – Pad. 4), Ospedale S. Martino, L. Rosanna Benzi 10, 16132 Genua, Italien.
Fax: +39 0103537421. E-Mail: paolopera@unige.it

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

Tabelle 1 Typ und Anzahl der gesetzten Implantate

Implantatform	Maschinierter koronaler Anteil	Säuregeätzt	Gesamt
Zylindrisch	24	84	108
Konisch	32	24	56
Gesamt	56	108	164

unbezahnten Oberkiefer nach CBP nach einem Beobachtungszeitraum von sechs Jahren untersucht.

Material und Methode

Zwischen November 2005 und Oktober 2006 wurden 37 Patienten (20 Frauen, 17 Männer) mit nicht erhaltungswürdiger Bezahnung des Oberkiefers in diese Studie aufgenommen. Unbezahnte Patienten wurden ausgeschlossen. Das mittlere Alter der Patienten betrug 55,1 Jahre (Bereich: 43 bis 71 Jahre). Bei allen Patienten wurden gemäß CBP^{3,4} in der Abteilung für dentale Implantologie und Prothetik der Universität Genua in Genua, Italien, nach der Extraktion Implantate gesetzt und sofort mit einer Vollrestauration belastet. Alle Patienten waren systemisch gesund und wiesen keine Kontraindikationen für eine Implantation auf. Die Oberkieferzähne waren aus zwei Gründen nicht erhaltungswürdig: Parodontalerkrankung (24 Patienten) oder Karies und/oder endodontischer Misserfolg (13 Patienten). Die Unterkiefer waren jeweils mit Kronen oder Brücken auf natürlichen Zähnen oder Implantaten (n = 28) oder mit herausnehmbaren Teilprothesen (n = 9) rehabilitiert. Patienten mit Unterkiefervollprothesen wurden aus der Studie ausgeschlossen, da aufgrund der Prothese die Effektivität beim Kauen eingeschränkt war. Das Einschlusskriterium war ein

Knochenangebot, das für das Setzen von mindestens vier Implantaten mit einem Durchmesser von 4 mm und in adäquater Länge (> 13 mm) ausreichte. Die Patienten erhielten für den Oberkiefer eine festsitzende Restauration, die auf mindestens vier Implantaten (höchstens 6 Implantate je Kiefer) verschraubt wurde. Alle Implantate (n = 164) wurden sofort okklusal belastet: Jeder Patient erhielt durchschnittlich 4,4 Implantate (Tabelle 1). In dieser Studie wurden zwei verschiedene Implantattypen mit Außensechskant verwendet. Der erste Implantattyp (Osseotite, Biomet 3i) bestand aus handelsüblichem Reintitan (Grad IV) mit doppelt säuregeätzter Oberfläche, die auf den koronalen 3 mm maschinert war (Hybriddesign). Bei den anderen Implantaten (Full Osseotite, Biomet 3i) war die gesamte Oberfläche doppelt säuregeätzt. In frische Extraktionsalveolen wurden meist konische Implantate (d. h. Natural-Tapered-Implantate [NT-Implantate]) und in abgeheilten Knochen zylindrische Implantate gesetzt.

Alle Implantate erreichten ein Eindrehmoment von mindestens 40 Ncm, das als Voraussetzung für eine Sofortbelastung des Implantats galt. Um die Primärstabilität der Implantate zu erhöhen, wurden alle Osteotomien unterpräpariert. Im nativen Knochen wurden die längeren Implantate leicht parallel zur vorderen Kieferhöhlenwand anguliert

gesetzt und der Winkel bei Bedarf prothetisch durch ein abgewinkeltes konisches Abutment (17°, 25° oder 30°) korrigiert. Auf die konischen Abutments wurden konische Abformkappen gesetzt und in Pick-up-Abformtechnik mit Abformgips definitive Abformungen erstellt. Innerhalb von 24 bis 36 Stunden postoperativ wurden die verschraubten provisorischen Restaurationen eingegliedert. Sie bestanden aus einem festen Metallgerüst und einem adhäsiv befestigten Gerüst mit passivem Sitz ohne Freiendsituation, besaßen Okklusalfächen aus Kunststoff und erlaubten eine optimale Mundhygiene. Die Patienten wurden abhängig von der Heilung in Mundhygiene-Maßnahmen unterwiesen und aufgefordert, sie zu Hause durchzuführen. In den ersten beiden Tagen postoperativ sollten nur kühle Flüssigkeiten zugeführt werden. Anschließend sollten die Patienten die Kauaktivität allmählich erhöhen, bis sie nach Abschluss der Osseointegration (etwa acht Wochen postoperativ) wieder normale feste Kost zu sich nehmen konnten.

Die definitiven, ebenfalls verschraubten Restaurationen wurden etwa vier Monate postoperativ eingesetzt (Abb. 1 bis 3). Zur Verlängerung des Zahnbogens und damit der Kaufläche enthielten sie distale Extensionen. Die Okklusalfächen der definitiven Restaurationen bestanden aus Kunststoff oder Mikrofüller-Hybridkomposit. Alle Patienten wurden von erfahrenen Ärzten behandelt. Einzelheiten über das angewandte operative und prothetische Protokoll finden sich in früheren Berichten^{3,4}.

Nach der Heilung wurden die Patienten alle sechs Monate zur professionellen Zahnreinigung einbestellt. Im Rahmen der jährlichen Kontrolluntersuchungen wurden die Restaurationen entfernt, technische und biologische Komplikationen dokumentiert, der feste Sitz der Retentionsschrauben überprüft sowie die



Abb. 1 Extraorale und intraorale Fotografien einer Patientin vor der Behandlung (a und b), nach der Rehabilitation gemäß dem CBP (c und d) und nach 6-jähriger Belastung (e und f).

zentrische Okklusion bestätigt und laterale Exkursionen erfasst.

Nach dem Einsetzen der provisorischen Restauration (Zeitpunkt 0) sowie im Rahmen der Kontrollbesuche nach 12, 36 und 72 Monaten wurden mit handelsüblichen Filmhaltern (Rinn) Bissflügel aufnahmen ange-

fertigt, wie bereits an anderer Stelle dargestellt³. Die Alveolarkammhöhe wurde als Abstand zwischen der Implantat-Abutment-Verbindung und dem am weitesten koronal gelegenen Punkt des Knochen-Implantat-Kontakts gemessen³. Die Messungen wurden von einem geblindeten

Radiologen unter Verwendung eines Diaphanoskops und einem Vergrößerungsglas durchgeführt.

Folgende Variablen wurden erfasst: (1) Implantatoberfläche (säuregeätzt bzw. maschinierter koronaler Anteil), (2) Neigungswinkel des Implantats (anguliert bzw. gerade), (3)

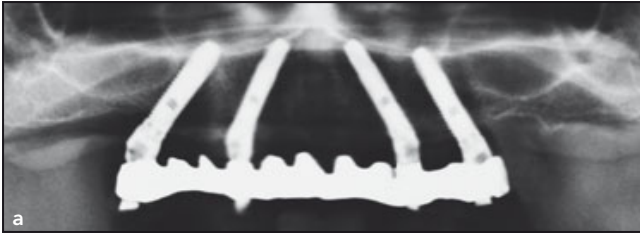


Abb. 2 Röntgenaufnahmen der Patientin aus Abb. 1 nach der Rehabilitation gemäß dem CBP (a) und nach 6-jähriger Belastung (b).



Abb. 3 Okklusale Ansicht der Patientin aus Abb. 1 nach 6-jähriger Belastung.

Implantatform (zylindrisch bzw. konisch), Abutmentabwinkelung (0° , 17° , 25° oder 45°) und (4) Grund für den Zahnverlust (Parodontalerkrankung bzw. Karies und/oder endodontischer Misserfolg). Als anguliert galten Implantate mit einem Winkel $< 30^\circ$, deren Neigung später durch ein entsprechend abgewinkeltes Abutment ausgeglichen wurde.

Statistische Auswertung

Die Unterschiede der Knochenresorption während der Beobachtungsphase wurden initial für die mesiale und die distale Seite der Implantate getrennt und mit einem nicht parametrischen Friedman-Test analysiert. Bei einem signifikanten Ergebnis im Friedman-Test wurde mit dem Wilcoxon-Test mit Bonferroni-Korrektur für multiple Vergleiche nach Unterschieden zwischen den Zeitpunktpaaren gesucht (p -Wert bei 0,0083 signifikant nach Korrektur). Um Unterschiede im Langzeitverlauf der Knochenresorption abhängig von Typ (anguliert bzw. gerade gesetzt), Form und

Oberfläche der Implantate sowie von der Abutmentabwinkelung und verschiedenen Gründen für den Zahnverlust zu erfassen, wurde an den in Rangdaten überführte Daten eine Varianzanalyse für wiederholte Messungen durchgeführt. Da bei jedem Patienten mehr als ein Implantat berücksichtigt werden musste, wurden die Ergebnisse anschließend mit verallgemeinerten Schätzgleichungen, die mögliche Korrelationen berücksichtigen, bestätigt.

Ergebnisse

Bei der Kontrolle nach sechs Jahren war ein Patient mit vier Implantaten verstorben. Die anderen Patienten wurden durchschnittlich 72,5 Monate (Bereich: 72 bis 76 Monate) postoperativ untersucht. In den ersten sechs Monaten nach der Implantation verloren drei Patienten insgesamt vier Implantate (2,42 %). Einer dieser Patienten hatte seine Zähne aufgrund einer Parodontalerkrankung verloren (zwei Implantate bei einem Patienten) und zwei Patienten aufgrund von Karies und/oder endodontischem Miss-

erfolg (zwei Implantate bei zwei Patienten). Da zwischen den Kontrolluntersuchungen nach 12 Monaten und 72 Monaten keine Implantate mehr verloren gingen, lag die kumulative Überlebensrate (CSR) bei der Kontrolle nach sechs Jahren bei 97,58 %. Alle der ursprünglich eingegliederten festsitzenden Restaurationen waren in Funktion und mussten nicht ersetzt werden (prothetische CSR 100 %). Das Verblendmaterial frakturierte in neun Fällen. Kleinere Frakturen ($n = 7$) konnten durch den behandelnden Arzt ausgeglichen werden, ohne dass die Restauration ins Labor gesandt werden musste. Größere Frakturen ($n = 2$) wurden noch am selben Tag behoben, wozu die verschraubten Restaurationen ins Labor gegeben wurden. Es wurde nur eine komplette Fraktur (Fraktur des Metallgerüsts) bei einem Patienten mit parafunktionellem Habit beobachtet. Das Gerüst wurde im Zahnlabor geschweißt und die Restauration am nächsten Tag wieder eingesetzt. Eine weitere technische Komplikation war die Lockerung der Schrauben ($n = 6$), die bei einer der jährlichen Kontrollen auffiel und sofort behoben wurde.

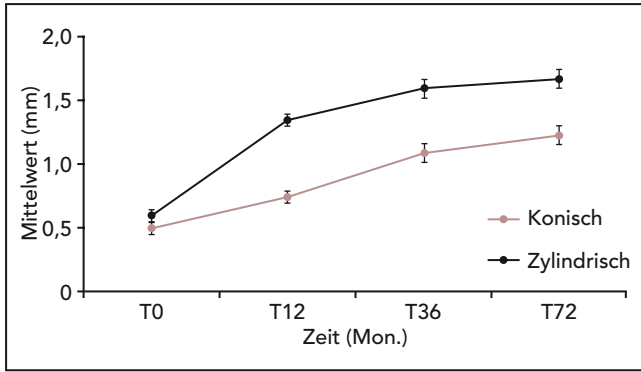


Abb. 4 Mittlere Knochenresorption an konischen und zylindrischen Implantaten an unterschiedlichen Zeitpunkten.

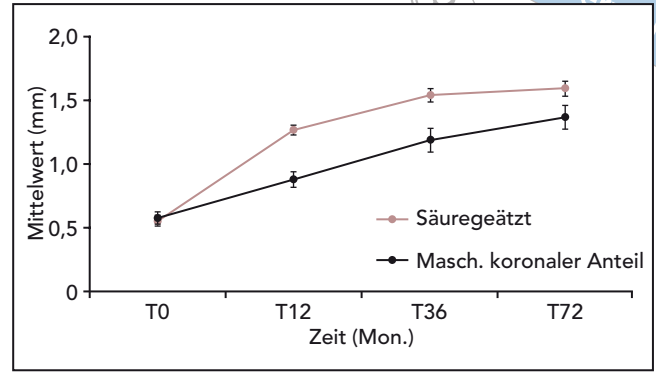


Abb. 5 Mittlere Knochenresorption an vollständig säuregeätzten Implantaten und solchen mit maschinierem koronalem Anteil an unterschiedlichen Zeitpunkten.

Zeitpunkt	Konisch					Zylindrisch				
	Mittelwert	SA	Median	Max	Min	Mittelwert	SA	Median	Max	Min
T0	0,50	0,57	0,00	2,00	0,00	0,59	0,70	0,25	3,00	0,00
T12	0,74	0,68	1,00	2,00	0,00	1,35	0,85	1,00	5,00	0,00
T36	1,09	0,96	1,00	3,00	0,00	1,60	1,29	1,00	6,00	0,00
T72	1,23	1,07	1,00	4,00	0,00	1,67	1,28	1,50	6,00	0,00

SA = Standardabweichung.

Zeitpunkt	Säuregeätzt					Maschinierter koronaler Anteil				
	Mittelwert	SA	Median	Max	Min	Mittelwert	SA	Median	Max	Min
T0	0,55	0,67	0,00	3,00	0,00	0,58	0,64	0,50	3,00	0,00
T12	1,27	0,88	1,00	5,00	0,00	0,88	0,70	1,00	2,00	0,00
T36	1,54	1,30	1,00	6,00	0,00	1,19	0,96	1,00	3,00	0,00
T72	1,59	1,30	1,00	6,00	0,00	1,37	1,07	1,00	4,00	0,00

SA = Standardabweichung.

Das Knochenniveau lag bei Studienbeginn durchschnittlich 0,56 mm von der Implantat-Abutment-Verbindung entfernt. Nach 12 Monaten waren es 1,14 mm und nach 72 Monaten durchschnittlich 1,52 mm (1,58 mm mesial und 1,44 mm distal). Sowohl die Form des Implantats ($p < 0,0083$) als auch seine Oberfläche ($p < 0,0083$) wirkten sich signifi-

kant auf die Knochenresorption aus (Abb. 4 und 5, Tabelle 2 und 3). Insbesondere beim Vergleich der Daten nach 12 ($p < 0,001$) und 36 Monaten ($p = 0,004$) fiel ein signifikanter Einfluss der Implantatform auf, da an zylindrischen Implantaten eine stärkere Knochenresorption auftrat als an konischen. Abhängig von der Implantatoberfläche fand sich ein

signifikanter Unterschied zwischen dem Ausgangswert und dem Wert nach 12 Monaten ($p < 0,001$): Die Knochenresorption fiel an säuregeätzten Implantaten stärker aus als an Implantaten mit maschinierem koronalem Anteil.

Es wurden nur wenige Abutments mit Abwinkelungen von 0° ($n = 6$) und 30° ($n = 6$) verwendet. Weitaus mehr

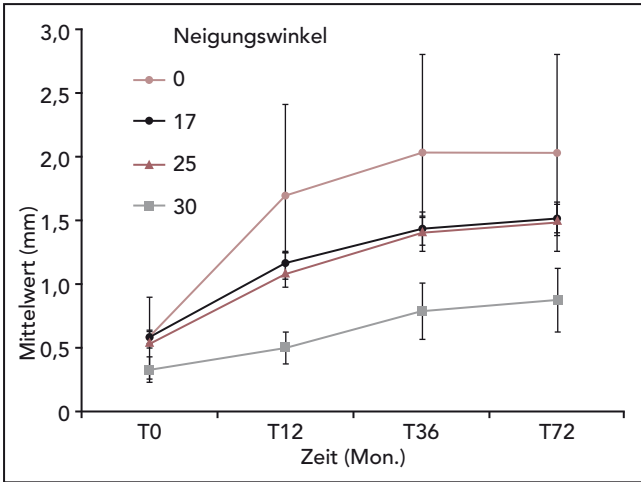
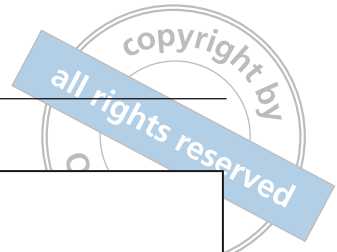


Abb. 6 Mittlere Knochenresorption bei unterschiedlicher Abutmentabwinkelung an unterschiedlichen Zeitpunkten.

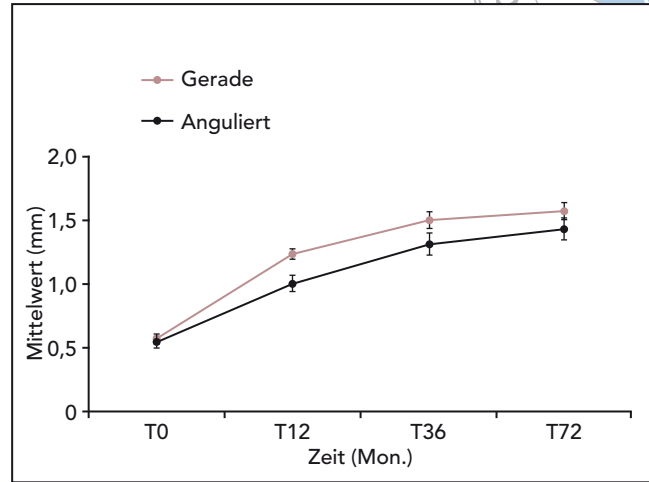


Abb. 7 Mittlere Knochenresorption an anguliert und gerade gesetzten Implantaten an unterschiedlichen Zeitpunkten.

Tabelle 4 Knochenresorption (mm) an Implantaten mit unterschiedlich abgewinkelten Abutments

Zeitpunkt	0°		17°		25°		30°	
	Mittelwert	SA	Mittelwert	SA	Mittelwert	SA	Mittelwert	SA
T0	0,58	0,8	0,58	0,56	0,56	0,54	0,33	0,26
T12	1,70	1,78	1,17	0,77	1,10	0,53	0,50	0,32
T36	2,04	1,91	1,44	1,21	1,42	0,96	0,79	0,56
T72	2,04	1,91	1,52	1,20	1,52	1,00	0,88	0,63

SA = Standardabweichung.

Tabelle 5 Knochenresorption (mm) an anguliert und gerade gesetzten Implantaten

Zeitpunkt	Gerade					Anguliert				
	Mittelwert	SA	Median	Max	Min	Mittelwert	SA	Median	Max	Min
T0	0.58	0.67	0.25	3.00	0.00	0.55	0.65	0.00	3.00	0.00
T12	1.24	0.90	1.00	4.00	0.00	1.01	0.75	1.00	5.00	0.00
T36	1.51	1.22	1.00	6.00	0.00	1.32	1.20	1.00	6.00	0.00
T72	1.58	1.22	1.75	6.00	0.00	1.44	1.24	1.00	6.00	0.00

SA = Standardabweichung.

Abutments wiesen einen Winkel von 17° (n = 77) und 25° (n = 75) auf. Die Abutmentabwinkelung wirkte sich im Lauf der Zeit nicht signifikant (p = 0,66) auf die Knochenresorption aus (Abb. 6 und Tabelle 4). Es fanden sich in Bezug auf den Knochenverlust keine signifikanten Unterschiede für die anderen untersuchten Variablen: mesiale bzw. distale Implantatseite (p = 0,79), anguliert bzw. gerade gesetztes Implantat (p = 0,28; Abb. 7 und Tabelle 5) und Grund des Zahnverlusts (p = 0,35).

Die Patienten äußerten vereinzelt, dass sie mit der Funktionalität und dem Aussehen ihrer Restaurationen zufrieden sind.

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde im Oberkiefer ein Sofortbelastungsprotokoll angewendet, das nach einem mittleren Beobachtungszeitraum (sechs Jahre) gute Ergebnisse erbrachte. Die vorgestellten Ergebnisse entsprechen denjenigen anderer Autoren, die in retrospektiven klinischen Studien bei einem ähnlichen klinischen Vorgehen gute 5-Jahres-Resultate ermittelten^{5,6}. In einer früheren Studie mit einer Nachbeobachtungszeit von 36 Monaten³ unterschied sich die kumulative Überlebensrate der Implantate und Restaurationen zwischen Patienten, die nach dem CBP behandelt wurden, und Patienten, bei denen das herkömmliche Protokoll mit verzögerter Belastung durchgeführt wurde, statistisch nicht signifikant. Allerdings wurden in dieser früheren Studie im Gegensatz zur hier vorgestellten Studie bestimmte Variablen nicht berücksichtigt (Implantatoberfläche, -makrostruktur, Implantat- und Abutmentabwinkelung und Gründe des Zahnverlusts), die sich bei Rehabilitationen mit Sofortbelastung auf den Knochenverlust auswirken. Außerdem waren die in

der vorliegenden Studie aufgenommenen Patienten nicht mit denen in anderen Studien dieser Forschergruppe identisch^{3,4}. Trotzdem passen die Ergebnisse (Überleben und Knochenresorption) zu den Resultaten früherer Veröffentlichungen und bestätigen die Reliabilität der untersuchten Rehabilitation mit Sofortbelastung.

In den ersten 12 Monaten wurde eine mittelschwere periimplantäre Knochenresorption beobachtet, die an den nachfolgenden Messzeitpunkten schwächer ausfiel. Dies entspricht der normalen Phase des Knochenumbaus infolge des Operationstraumas. Die Knochenresorption unterschied sich an anguliert bzw. gerade gesetzten Implantaten nicht signifikant. Dies wurde auch in einer Metaanalyse von Artikeln über eine derartige Rehabilitation mit kurzer Nachbeobachtungszeit festgestellt^{1,7}.

Die Patienten wurden in der vorliegenden Studie zwischen 2005 und 2006 mit zylindrischen und konischen Implantaten behandelt. An den konischen Implantaten war der Knochenverlust signifikant geringer als an den zylindrischen (p < 0,0083). Aufgrund der geringen Knochendichte im Oberkiefer verwenden die Autoren bei der CBP derzeit bevorzugt konische Implantate und gestalten die Osteotomie unterpräpariert.

In mehreren Studien wurden bei verzögerter Belastung⁸⁻¹⁰ von Implantaten mit doppelt säuregeätzter Oberfläche bessere Ergebnisse (höhere Erfolgsrate und reduzierter periimplantärer Knochenverlust) erreicht als von Implantaten mit maschinierter Oberfläche. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zur vorliegenden Studie (statistisch signifikant stärkerer Knochenverlust bei säuregeätzter Implantatoberfläche). Allerdings wurden die Unterschiede des Knochenverlusts (nach sechs Jahren im Mittel 1,37 mm bei maschinierter und 1,59 mm bei säuregeätzter Implantatoberfläche) aus klinischer

Sicht als nicht signifikant eingestuft. Unterschiede im Bereich von wenigen Zehntelmillimetern sind klinisch nicht relevant und können auch auf Messungenauigkeiten beruhen. Außerdem erhielten die beiden Patienten mit der ausgeprägtesten Knochenresorption (Mittelwert 3,75 mm, Bereich 1 bis 6 mm) nur Implantate mit vollständig säuregeätzter Oberfläche, was sich auf die Ergebnisse ausgewirkt haben könnte. Laut den Autoren könnte sich die Bedeutung der Implantatoberflächen-Eigenschaften abhängig vom Zeitpunkt der Implantatbelastung ändern. Anders gesagt: Der Einfluss der Sofortbelastung könnte den Einfluss der Implantatoberfläche in der ersten Phase der Knochenheilung übersteigen. Es konnte gezeigt werden, dass Knochen sehr sensitiv gegenüber der Belastung ist¹¹. Insbesondere die wohl neuronienartig agierenden Osteozyten spielen eine entscheidende Rolle bei der Übertragung von mechanischen Belastungen in biologische Signale.

Koka und Zarb¹² haben das Prinzip der adaptativen Heilung, basierend auf den Konzepten von *Osseosuffizienz* und *Osseoseparation*, eingeführt. Die Osseosuffizienz entspricht der erfolgreichen Osseointegration mit gesundem Knochen-Implantat-Kontakt, an der mehrere Faktoren (z. B. Implantateigenschaften, chirurgisches und prothetisches Vorgehen sowie Patientenmerkmale) beteiligt sind. Die Osseoseparation entspricht der „insuffizienten oder suboptimalen Osseointegration, die sich als zunehmend schlechterer Implantat-Knochen-Kontakt mit Verlust des marginalen oder sogar interfazialen periimplantären Knochens manifestiert“¹². In der vorliegenden Studie wurde die Osseosuffizienz durch die Implantatüberlebensrate und die periimplantäre Knochenresorption bestätigt. Zudem unterscheidet das Prinzip der adaptativen Heilung

zwischen der Heilungsphase nach Implantation, in der die Osseointegration gefördert werden sollte, und die sich anschließende Adaptationsphase, in der die Osseointegration aufrechterhalten werden muss, um das Implantatüberleben sicherzustellen. Bei der Sofortbelastung ist die initiale Heilungsphase kritisch für das Erreichen der Osseosuffizienz. Da die dentalen Implantate mechanisch belastet werden, obwohl sie noch nicht osseointegriert sind, muss die Osseointegration gefördert werden. Dafür sind patientenabhängige Faktoren (z. B. Knochenqualität und -menge, guter allgemeiner Gesundheitszustand und Okklusalkräfte) entscheidend, die sich überwiegend dem Einfluss des Operateurs entziehen. Im Gegensatz dazu können und müssen chirurgische und prothetische Faktoren sorgfältig vom Arzt kontrolliert werden. In der vorliegenden Studie wurden Patienten, die eine Unterkiefer-Vollprothese trugen, wegen der geringeren okklusalen Belastung als bei Brücken und Kronen auf natürlichen Zähnen ausgeschlossen.

Nach Ansicht der Autoren sind die Primärstabilität und die Kontrolle der okklusalen Belastungen die beiden Schlüsselfaktoren, die für einen Erfolg von Sofortbelastungsprotokollen unabdingbar sind. Das CPB wurde eingeführt, um diese beiden Voraussetzungen zu erfüllen. Für eine gute Primärstabilität sind bei einer Sofortbelastung lange Implantate (> 13 mm) und ein hohes Eindrehmoment (> 40 Ncm) erforderlich. Anguliert gesetzte Implantate werden verwendet, um anatomische Einschränkungen (Sinus maxillaris) zu umgehen. Auf diese Art wird eine Implantatlänge ermöglicht, mit der die Primärstabilität sichergestellt⁷ und Freilösungen eingeschränkt oder überflüssig gemacht werden¹³.

Weitere wichtige Faktoren, die nach Ansicht der Autoren der Kontrolle der okklusalen Belastung die-

nen, sind: ein passiv sitzendes Metallgerüst¹⁴⁻¹⁶ und Kunststoff auf den Okklusionsflächen der provisorischen Restauration^{17,18} sowie ein korrektes Okklusionsschema (balancierte Okklusion oder Gruppenführung). Auch die Retention der Restauration (verschraubt) ist für die Kontrolle der Okklusionsbelastung wichtig. Technische Komplikationen (wie das Chipping von Verblendmaterial und eine Schraubenlockerung) sind recht häufig¹ und können das Okklusionsschema sowie die Verteilung der okklusalen Belastung verändern. Verschraubte Restaurationen können leicht entnommen und angepasst werden, ohne dass die Implantate geschädigt werden.

In der vorliegenden Studie wurden Variablen mit einem möglichen Einfluss auf den Erfolg von Sofortbelastungsprotokollen untersucht. Nach Ansicht der Autoren ist eine Überbelastung der implantatgetragenen Restaurationen der wichtigste Risikofaktor. Allerdings wurde bislang nicht festgelegt, ab wann von einer Überbelastung auszugehen ist. Tatsächlich wird die okklusale Belastung von mehreren Faktoren (z. B. Restorationsdesign, okklusales Material, Art des Antagonisten, Muskelaktivität und Ernährung des Patienten) beeinflusst. Die auftretende Belastung wird entweder vom gesamten System aufgefangen oder sie führt zu biologischen oder mechanischen Komplikationen. Außerdem zeigen die Patienten eine unterschiedliche physiologische Anpassungsfähigkeit. Als Überbelastung sollte die Kraft verstanden werden, die das Anpassungspotenzial des Patienten übersteigt und zur Osseoseparation führt¹⁸.

Bei den wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiet der dentalen Implantologie wurden insbesondere prothetische Faktoren mit möglichen Auswirkungen auf die Belastungsverteilung und den Erfolg

der Rehabilitation vernachlässigt¹⁹. Das Restorationsdesign kann im klinischen Alltag nur schwer standardisiert werden, und auch die Isolation und Evaluation der vielen beteiligten Variablen in klinischen Studien ist schwierig. Das CBP ist ein Versuch der Autoren, das chirurgische und prothetische Vorgehen möglichst umfassend zu standardisieren.

Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Studie mit einer Nachbeobachtungszeit von sechs Jahren wurden chirurgische und prothetische Faktoren bei der Rehabilitation mit Sofortbelastung im Oberkiefer mithilfe des Columbus Bridge Protocol kontrolliert. Das Verfahren förderte in der initialen Heilungsphase die Osseointegration und trug mittelfristig zu ihrem Erhalt bei.

Danksagungen und Interessenerklärung

Die Autoren danken Luca Scaglione, Piercarlo Seghesio, Arcangelo Traversi und Aldo Porotti für die Anfertigung der Restaurationen sowie Professor Giambattista Ravera (Abteilung für Gesundheitswissenschaften, Universität Genua) für die statistische Auswertung. Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Menini M, Signori A, Tealdo T, et al. Tilted implants in the immediate loading rehabilitation of the maxilla: A systematic review. *J Dent Res* 2012;91:821-827.
2. Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Taschieri S, Weinstein R. Systematic review of survival rates for immediately loaded dental implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:249-264.

3. Tealdo T, Bevilacqua M, Menini M, et al. Immediate versus delayed loading of dental implants in edentulous maxillae: A 36-month prospective study. *Int J Prosthodont* 2011;24:294–302.
4. Tealdo T, Bevilacqua M, Pera F, Menini M, Ravera G, Pera P. Immediate function with fixed implant-supported maxillary dentures: A 12 month follow-up report. *J Prosthet Dent* 2008;99:351–360.
5. Maló P, Nobre M, Lopes A. The rehabilitation of completely edentulous maxillae with different degrees of resorption with four or more immediately loaded implants: A 5-year retrospective study and a new classification. *Eur J Oral Implantol* 2011;4:227–243.
6. Maló P, de Araújo Nobre M, Lopes A, Francischone C, Rigolizzo M. "All-on-4" immediate-function concept for completely edentulous maxillae: A clinical report on the medium (3 years) and long-term (5 years) outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:139–150.
7. Menini M. Tilted implants: Clinical and biomechanical considerations. *IJP/Karlsruhe Workshop 2012 Abstracts*. *Int J Prosthodont* 2012;25:650–651.
8. Baldi D, Menini M, Pera F, Ravera G, Pera P. Plaque accumulation on exposed titanium surfaces and peri-implant tissue behavior. A preliminary 1-year clinical study. *Int J Prosthodont* 2009;22:447–455.
9. Trisi P, Lazzara R, Rebaudi A, Rao W, Testori T, Porter SS. Bone-implant contact on machined and dual acid-etched surfaces after 2 months of healing in the human maxilla. *J Periodontol* 2003;74:945–956.
10. Khang W, Feldman S, Hawley CE, Gunsolley J. A multi-center study comparing dual acid-etched and machined-surfaced implants in various bone qualities. *J Periodontol* 2001;72:1384–1390.
11. Marotti G. The osteocyte as a wiring transmission system. *J Musculoskel Neuron Interact* 2000;1:133–136.
12. Koka S, Zarb G. On osseointegration: The healing adaptation principle in the context of osseosufficiency, osseoseparation, and dental implant failure. *Int J Prosthodont* 2012;25:48–52.
13. Bevilacqua M, Tealdo T, Menini M, et al. The influence of cantilever length and implant inclination on stress distribution in maxillary implant-supported fixed dentures. *J Prosthet Dent* 2011;105:5–13.
14. Bergkvist G. Immediate loading of implants in the edentulous maxilla. *Swed Dent J Suppl* 2008;(196):10–75.
15. Ogawa T, Dhaliwal S, Naert I, et al. Impact of implant number, distribution and prosthesis material on loading on implants supporting fixed prostheses. *J Oral Rehabil* 2010;37:525–531.
16. Tealdo T, Bevilacqua M, Pera P. Laboratory procedures. In: Tealdo T, Bevilacqua M, Pera P. *Columbus Bridge Protocol*. Immediate Loading Bridge. Chicago: Quintessence, 2012:191–216.
17. Conserva E, Menini M, Tealdo T, Bevilacqua M. The use of a masticatory robot to analyze the shock absorption capacity of different restorative materials for prosthetic implants: A preliminary report. *Int J Prosthodont* 2009;22:53–55.
18. Menini M, Conserva E, Tealdo T, et al. Shock absorption capacity of restorative materials for dental implant prostheses: An in vitro study. *Int J Prosthodont* 2013;26:549–556.
19. Papaspyridakos P, Chen CJ, Singh M, Weber HP, Gallucci GO. Success criteria in implant dentistry: A systematic review. *J Dent Res* 2012;91:242–248.