

Sofortige provisorische Versorgung von Einzelzahnimplantaten nach einer Extraktion in der ästhetischen Zone: Eine klinische Auswertung



Pascal Valentini, DDS*
David Abensur, DDS*
Jacques F. Albertini, DDS**
Marcel Rocchesani, DDS**

40 Patienten erhielten insgesamt 43 Implantate, die in frische Extraktionsalveolen im Frontzahnbereich des Oberkiefers inseriert wurden. Innerhalb einer Woche wurde eine provisorische Krone ohne okklusalen Kontakt eingegliedert. Nach einem Jahr wurden die Implantatüberlebensrate, die marginale Knochenresorption und der Papillenerhalt untersucht. Die Implantatüberlebensrate betrug insgesamt 95,3 %. Der marginale Knochenverlust nach einem Jahr war im Vergleich zum marginalen Knochenniveau bei der Implantatinsertion nicht statistisch signifikant. Bei 78 % der Patienten blieb die Papille vollständig erhalten. Patienten, die eine Einzelzahnrehabilitation benötigen und bei denen ein bukkaler oder umlaufender Defekt vorliegt, können prognostizierbar mit einem günstigen ästhetischen Ergebnis provisorisch versorgt werden. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2010;30:41–51.)

* Co-Direktor, European Implant Program, Department of Health, University of Corsica, Corte, Frankreich.

** Dozent, European Implant Program, Department of Health, University of Corsica, Corte, Frankreich.

Korrespondenz an: Dr. Pascal Valentini, 2 avenue Hoche, 75008 Paris, Frankreich;
Fax: + 33 1 47 66 85 03; E-Mail: pascalvalentini@aol.com

Vor etwa 20 Jahren waren enossale Implantate erfolgreich, wenn sie den funktionellen Ansprüchen genügten. Heute ist die Prognostizierbarkeit der Osseointegration gut etabliert, und die Herausforderung liegt eher darin, in einer kürzeren Behandlungszeit optimale ästhetische Ergebnisse zu erzielen. Die sofortige Implantation in Extraktionsalveolen^{1, 2} erfüllt diese Aufgabe zum Teil. Trotzdem lehnen manche Patienten diese Behandlung ab, weil mehrere Eingriffe notwendig sind und sie während einer längeren Einheilungszeit eine herausnehmbare Versorgung tragen müssen. Bei unbezahnten Patienten ermöglicht die sofortige Belastung^{3, 4} eine Reduzierung der Einheilungszeit und eine festsitzende Versorgung ist möglich. Bei Einzelzahnimplantaten, die in eingheilte Bereiche inseriert werden, wird die sofortige provisorische Versorgung⁵⁻⁹ als Möglichkeit vorgeschlagen, um eine Erfolgsrate von 80 % bis 100 % zu erreichen (Follow-up-Zeitraum von einem bis fünf Jahren). Das schließt die Eingliederung einer provisorischen Krone ein, die bei zentralen oder lateralen Bewegungen keinen okklusalen Kontakt hat.

In der letzten Zeit wurde nachgewiesen, dass dieses Vorgehen auch bei Extraktionsalveolen mit kleinen periimplantären Defekten erfolgreich

Tabelle 1 Behandlungsmethoden für die verschiedenen Gruppen

	Infektion	Chir.			Prov. Abutment inseriert
		Eingriff	BG	BG + GBR	
Gruppe 1	Nein	D0	-	Ja	T 7
Gruppe 2	Ja	D7	-	Ja	T14
Gruppe 3	Nein	D0	Ja	-	T 0
Gruppe 4	Ja	D7	Ja	-	T 7

BG = Knochentransplantat (Bio-Oss); BG + GBR = Knochentransplantat (Bio-Oss) + gesteuerte Knochenregeneration (Bio-Gide); T0 = Tag der Exzaktion; T7 = 1 Woche nach der Exzaktion; T14 = 2 nach der Exzaktion.

ist, bei denen keine regenerativen Techniken erforderlich sind^{10, 11}. Nach der Exzaktion sind im Allgemeinen zwei Arten von periimplantären Defekten zu beobachten: ein umlaufender Defekt, der durch die Diskrepanz zwischen dem Implantat und der übrigen knöchernen Alveole verursacht ist, und eine bukkale Dehiszenz, die entweder aus einer Wurzelfraktur resultiert, aufgrund derer der Zahn extrahiert werden musste, oder aus einer traumatischen Exzaktion.

In diesem Artikel wird anhand der Implantatüberlebensraten ausgewertet, wie erfolgreich die Implantatinsertion in frische Exzaktionsalveolen in Kombination mit der sofortigen provisorischen Versorgung und Techniken zur Knochenregeneration ist. Außerdem wurden die ästhetischen Ergebnisse bewertet. Dazu wurden nach einem Jahr Follow-up der marginale Knochenverlust und der Papillenerhalt gemessen.

Material und Methode

In diese klinische Auswertung wurden Patienten aufgenommen, die nach der Exzaktion eines oder zweier nicht benachbarter hoffnungsloser Zähne in der ästhetischen Zone des Oberkiefers implantatgetragene Kronen erhalten sollten. Es musste mög-

lich sein, das Implantat mit einem Drehmoment von mindestens 40 Ncm zu inserieren, weil dies laut Definition zu einer ausreichenden Primärstabilität für die sofortige provisorische Versorgung führt. Von September 2000 bis April 2004 wurden 90 Patienten mit einem oder zwei Frontzähnen, die entweder sofort oder höchstens eine Woche nach der Exzaktion ersetzt werden sollten, konsekutiv behandelt. Insgesamt wurden 94 Implantate inseriert. Davon wurden 43 Implantate (TiOblast, Astra Tech) bei 40 Patienten mit einem Drehmoment von ≥ 40 Ncm inseriert. Diese Implantate hatten keine Nachbarimplantate und konnten deshalb für diese Untersuchung verwendet werden.

Bei manchen Patienten schloss eine aktive lokale Infektion die sofortige Implantatinsertion aus. In dieser Situation wurde am Tag der Exzaktion mit einer Antibiotikatherapie (1 g/Tag für 14 Tage; Birodogyl, Aventis) begonnen. Das Implantat wurde eine Woche später inseriert. Sofern im Eingriffsbereich keine lokale Infektion vorlag, wurde das Implantat sofort nach der Exzaktion inseriert. Am Tag des Eingriffs wurde mit einer einwöchigen Antibiotikatherapie (1 g/Tag; Birodogyl) begonnen. Alle Eingriffe erfolgten unter örtlicher Betäubung. Die Zähne (obere Prä-

molare, Eckzähne, laterale und zentrale Schneidezähne) waren aus unterschiedlichen Gründen extrahiert worden (Karies, endodontische Probleme, Trauma oder Fraktur). Die Prämolare befanden sich in der ästhetischen Zone. An den inserierten Implantaten lagen zwei Arten von knöchernen Defekten vor: umlaufende Defekte und Dehiszenzen. Die Implantate wurden in vier Gruppen unterteilt: entsprechend der Behandlung, dem Vorliegen oder Nichtvorliegen einer Infektion und dem Tag der Eingliederung der provisorischen Krone (Tabelle 1).

Chirurgisches und prothetisches Vorgehen

In allen Gruppen wurden die Exzaktionen atraumatisch mit einem Periotom durchgeführt. Wenn durch die Exzaktion bukkaler Knochen verloren ging, wurde das Implantat der Gruppe 1 oder 2 zugeteilt.

Eine sulkuläre Inzision für den Papillenerhalt wurde mesial und distal erweitert. Die bukkale Mukosa wurde um 2 bis 3 mm angehoben, um zu prüfen, ob die äußere Knochenwand intakt war. Wenn ein bukkaler Defekt festgestellt wurde, erfolgte distal zum distalen Zahn eine Entlastungsinzision. Bei Vorliegen eines umlaufenden Defekts (Gruppe 3 und 4, Abb. 1a und 1b) wurde über die Wurzelspitze hinaus, leicht palatinal zur Zahnachse gebohrt, um einer Perforation des bukkalen Knochens vorzubeugen. Die kortikale Verankerung wurde im Boden der Nasenhöhle angestrebt. Deshalb wurden vorzugsweise Astra-Tech-ST-Implantate mit einer Länge von mehr als 13 mm und einem Durchmesser von 4,5 oder 5 mm verwendet. Die endgültige Bohrung war um 0,3 mm verkürzt, damit die Implantatinsertion mit einem Drehmoment von mindestens



Abb. 1a (links) Ein frakturierter oberer linker Eckzahn.

Abb. 1b (rechts) Der umlaufende Defekt.

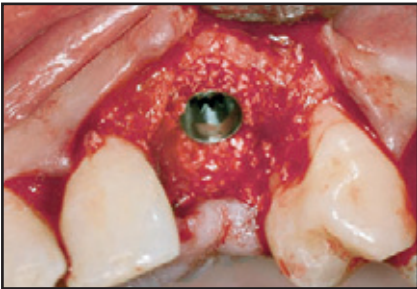
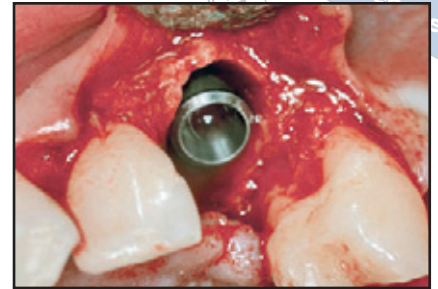


Abb. 2 Das Füllmaterial wird in den Defekt eingebracht.

Abb. 3 Die provisorische Krone 2 Wochen nach der Implantatinserktion.



40 Ncm erfolgen konnte. In dieser Phase wurden alle instabilen Implantate von der Auswertung ausgeschlossen.

Die Oberseite des Transplantats befand sich etwa 3 mm unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze der beiden proximalen Zähne. Der umlaufende Defekt wurde mit einem Knochenersatzmaterial (Bio-Oss, Geistlich) mit einer Mindestpartikelgröße von 0,25 bis 1 mm gefüllt. Das Material wurde um das Implantat und die umgebende Knochenoberfläche verdichtet, vor allem an der bukkalen Seite (Abb. 2). Das prothetische Abutment (0,0 mm, ST, Astra Tech) wurde inseriert und manuell festgezogen. In sieben Fällen wurde ein 1-mm-ST-Abutment verwendet. In allen anderen Fällen wurde ein 0-mm-ST-Abutment inseriert. Nach dem manuellen Anziehen wurde das Abutment nicht mehr entfernt. Damit wurde einer Beeinträchtigung der Weichgewebeheilung und der apikalen Invasion des Weichgewebes

vorgebeugt¹². Gegebenenfalls wurde neben dem koronalen Teil des Abutments mehr Füllmaterial inseriert. Von einem Abformpfosten mit Friktionsspassung wurde der geriffelte Anteil entfernt. Der Pfosten wurde reduziert und zu einem Gerüst geformt. Nach der Insertion des Pfostens wurde ein Shell-Former (Ion, GACD) mit Kunststoff unterfüllt.

Die Ränder dieser provisorischen Krone wurden auf einem Duplikat des Pfostens zugeschnitten. Die Krone wurde poliert und ohne Zement auf den Pfosten gesetzt, um sicherzustellen, dass Kontakte bei zentrischer Okklusion oder lateralen Bewegungen ausgeschlossen waren. Dann wurden die Papillen mit einer vertikalen Matratzennaht vernäht. Nach einer Woche wurden die Fäden entfernt und die provisorische Krone wurde mit temporärem Zement adhäsiv befestigt (Abb. 3). Mit Shell-Formern wurde der interproximale Kontaktpunkt mit einem maximalen Abstand von 5 mm wieder aufgebaut¹³.

Bei Vorliegen eines bukkalen Defekts (Gruppe 1 und 2) wurde einen Zahn vom Extraktionsbereich entfernt eine distale vertikale Entlastungsinzision geführt. Der Bohrvorgang erfolgte wie oben beschrieben. Das Implantat wurde mit dem gleichen Drehmoment inseriert und es wurde eine kortikale Verankerung angestrebt. In dieser Phase wurde jedes Implantat, das das Insertionsdrehmoment von 40 Ncm nicht erreichte, von der Auswertung ausgeschlossen. Der Implantatrand wurde 2 mm unter der Schmelz-Zement-Grenze der Nachbarzähne angesetzt, womit die Positionierung der Implantathöhe vorgegeben war. Es erfolgte eine Pick-up-Abformung mit einem Pfosten, der mit einem am Meistermodell angefertigten Schlüssel verbunden war (Abb. 4). Nach der Aushärtung des Materials wurde das gesamte Teil entfernt und mit einem Implantatanalog verbunden. Dann wurde es im Labor in das Modell reponiert, was die Anfertigung der provisorischen



Abb. 4 Der Abformpfosten und der Schlüssel mit dem Implantatanalog.



Abb. 5a Fistel im Zusammenhang mit der Wurzelfraktur.

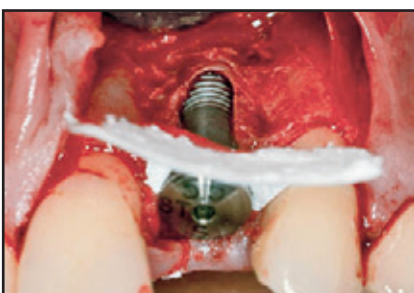


Abb. 5b Die bukkale Dehiscenz wird mit einer resorbierbaren Kollagenmembran behandelt, die mit einem Heilungsabutment fixiert wird.



Abb. 6 Die Membran wird über das Transplantatmaterial gelegt und mit Titanpins fixiert.

Versorgung erleichterte. In dieser Phase wurde der periimplantäre Defekt mit einer resorbierbaren Kollagenmembran (Bio-Gide, Geistlich) behandelt, die mit einem 5-mm-Heilungsabutment fixiert wurde (Abb. 5a und 5b). Der knöchernen Defekt wurde nach demselben Protokoll aufgefüllt wie der umlaufende Defekt und mit einer Membran abgedeckt (Abb. 6). Apikal wurde die Membran

mit einem resorbierbaren Pin (Resor Pin, Geistlich) oder mit Titanpins (Frios, Friadent) fixiert. Dann wurden die Papillen mit vertikalen Matratzennähten vernäht und die distale Entlastungsinzision mit einer resorbierbaren Matratzennaht verschlossen.

In allen Fällen reinigten die Patienten den vernähten Bereich vorsichtig mit einer weichen Bürste (Inava Post-op 7/100e, Lab Inava),

die mit einer Chlorhexidin-Mundspülung (Eludril, Médicadent) getränkt war. Eine Woche später, sofern die Membran stabil war, wurde das Abutment sterilisiert, inseriert und manuell angezogen (Gruppe 1 und 2). Dann wurde die provisorische Versorgung eingegliedert und temporär adhäsiv befestigt. Wieder wurde sichergestellt, dass Kontakte bei zentrischer Okklusion oder lateralen

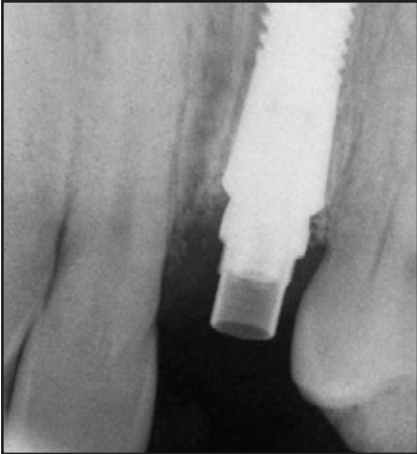
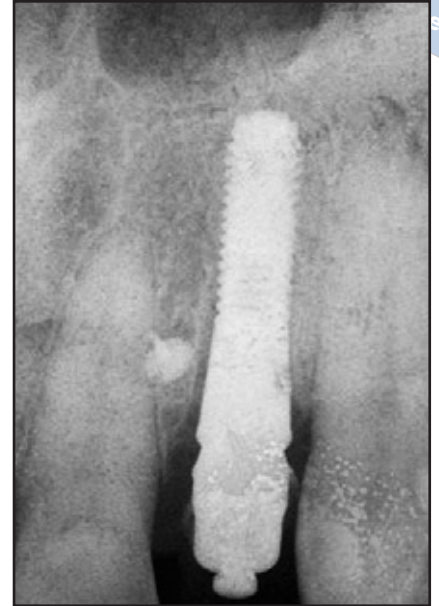


Abb. 7a und 7b Röntgenaufnahmen, die am Tag der Eingliederung der provisorischen Krone angefertigt wurden; (links) der umlaufende und (rechts) der bukkale Defekt.



Bewegungen ausgeschlossen waren. Die Patienten wurden angewiesen, drei Monate lang nicht auf der Versorgung zu kauen.

In allen Gruppen wurde während der Einheilungszeit von drei Monaten wöchentlich sichergestellt, dass die provisorische Versorgung keine okklusalen Kontakte hatte. Am Tag der Eingliederung der provisorischen Krone wurde mit einem Rinn-Röntgenbildhalter (GACD) eine standardisierte periapikale Röntgenaufnahme angefertigt (Abb. 7a und 7b). Nach drei Monaten erfolgte die Abformung für die Anfertigung der definitiven Krone. Sie wurde adhäsiv befestigt, nachdem das Abutment mit einem Drehmomentschrauber auf 25 Ncm angezogen worden war. Ein Jahr später wurde mit einer Rinn-Führungsstange (GACD) eine neue periapikale Röntgenaufnahme angefertigt, um das interproximale Knochniveau zu untersuchen (Abb. 8a bis 8d). Das ästhetische Ergebnis wurde bei allen Patienten

nach einem Jahr Follow-up mithilfe des Index nach Jemt¹⁴ analysiert, der die Papillenrekonstruktion misst.

Implantatmisserfolg

Wie in der Literatur angegeben¹⁵, galten die Implantate als Misserfolg, wenn ein signifikanter marginaler Knochenverlust, periimplantäre Radioluzenz, Mobilität, Schmerzen, Missempfinden oder Sensibilitätsstörungen auftraten. Die übrigen Implantate galten als Erfolg.

Marginale knöcherne Veränderungen

Bei 38 Patienten wurde der Knochenverlust gemessen, indem Röntgenbilder verglichen wurden, die zu zwei verschiedenen Zeitpunkten gemacht worden waren: In der Ausgangssituation (Tag der Eingliederung der provisorischen Krone) und beim Follow-up-Termin nach 52 Wochen. Das Implantat-Abutment-Interface galt als Referenzpunkt. Bei einigen Patienten konnte das Knochniveau

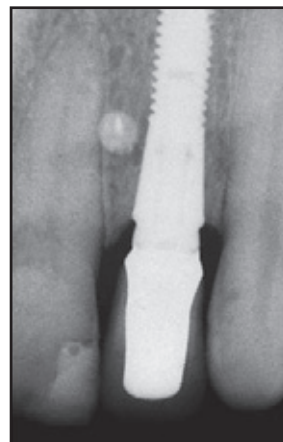
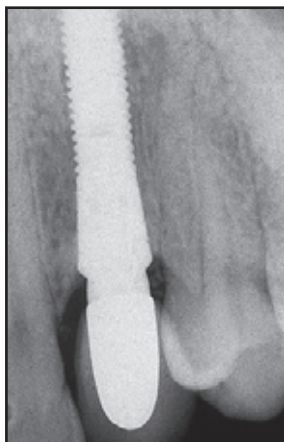
wegen der schlechten Qualität der Röntgenaufnahmen nicht gemessen werden.

Statistische Analyse

Insgesamt wurde die Nullhypothese, dass der Knochenverlust bei allen vier Gruppen gleich sein würde, mit dem Kruskal-Wallis-Test (genaue Monte-Carlo-Methode) getestet. Mit dem Wilcoxon-Rangsummentest (genaue Berechnung) wurden paarweise Gruppenvergleiche angestellt. Innerhalb der Gruppen wurde die Hypothese, dass die Veränderung von der Ausgangssituation bis zum Follow-up nach einem Jahr 0 sein würde, mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest (genaue Berechnung) getestet. Ein P-Wert unter 0,05 galt als statistisch signifikant.



Abb. 8a und 8d Röntgenaufnahmen und klinische Ansichten ein Jahr nach Eingliederung der definitiven Krone; (links) der umlaufende und (rechts) der bukkale Defekt.



Ergebnisse

Die Länge der inserierten Implantate betrug 9 mm (ein Implantat), 11 mm (sechs Implantate) oder 13 mm (36 Implantate), mit einem Durchmesser von 4 mm (drei Implantate), 4,5 mm (38 Implantate) oder 5 mm (zwei Implantate).

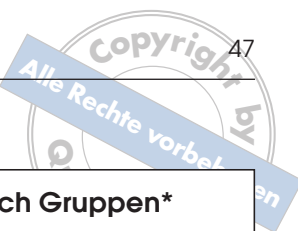
Für die Gesamtstichprobe waren die definitiven Kronen durchschnittlich $2,8 \pm 2,6$ Jahre (Bereich von einem bis 4,1 Jahren) in Funktion. Zwei Patienten klagten nach zwei Wochen über Schmerzen. Ihre Implantate wurden entfernt. Aufgrund dieser beiden Implantatverluste betrug die kumulative Implantatüberlebensrate nach einem Jahr Belastung 95,3 %. Die beiden Implantatmissefolge gehörten zur Gruppe 2 (bukale Dehiszenz mit lokaler Infektion). Das erste Implantat

ging eine Woche nach der Insertion verloren; es diente als Ersatz für einen lateralen Schneidezahn. Vor der Extraktion war der Zahn für sechs Monate mit einem frakturierten Wurzelkanalstift versehen gewesen. In der Zeit waren mehrere Infektionen aufgetreten. Der zweite Misserfolg betraf ein 11 mm langes Implantat, das als Ersatz für einen frakturierten ersten Prämolare inseriert worden war. In beiden Fällen hatten die Patienten einen Tag nach dem Eingriff auf der provisorischen Krone gekaut. Die Implantatüberlebensrate betrug nach einem Jahr 80 %. Es traten keine weiteren Misserfolge auf.

Der gesamte durchschnittliche marginale Knochenverlust betrug nach einem Jahr Follow-up (Tabellen 2 bis 4) mesial $0,18 \pm 0,66$ mm (nicht signifikant) und distal $0,43 \pm$

$0,95$ mm. Der Vergleich des marginalen Knochenverlusts zwischen den beiden Gruppen ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede. Da die Veränderungen des marginalen Knochenniveaus von der Ausgangssituation bis zu einem Jahr insgesamt nicht statistisch signifikant waren ($P > 0,05$), überraschte es nicht, dass auch keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt wurden. Abschließend zeigte auch der Within-Groups-Test auf Veränderungen im marginalen Knochenniveau von der Ausgangssituation bis zum Follow-up nach einem Jahr keine signifikanten Unterschiede. Tatsächlich zeigte sich bei manchen Patienten sogar ein Knochenwachstum (negativer Knochenverlust).

Beim Weichgewebe zeigten 77,7 % der Implantate einen maximalen

**Tabelle 2** Veränderung des Knochenniveaus vom Beginn bis zu einem Jahr nach Gruppen*

Gruppe/ Termin	Mesial				Distal			
	n	Ø	SA	P	n	Ø	SA	P
1								
Beginn	9	1,0333	1,2155		9	0,8111	0,8667	
1 Jahr	6	1,0333	0,9480		6	1,4167	1,0206	
Differenz	6	0,0667	0,2805	0,6875	6	0,6833	0,7705	0,0625
2								
Beginn	4	1,4750	1,1177		4	1,2250	0,8461	
1 Jahr	6	1,1333	0,6976		6	1,0167	0,5776	
Differenz	3	-0,2667	0,4619	1,0000	3	-0,4000	0,7937	0,7500
3								
Beginn	15	0,7467	1,0378		14	0,5000	0,7854	
1 Jahr	16	0,8688	1,1277		14	0,9857	0,9906	
Differenz	15	0,1800	0,8170	0,6230	13	0,5615	1,0437	0,1270
4								
Beginn	10	1,5700	3,0192		8	0,6125	0,7772	
1 Jahr	9	1,0556	0,8819		8	1,0875	0,7160	
Differenz	9	0,4222	0,5740	0,0625	7	0,3286	0,9464	0,6250

SA = Standardabweichung.

*Deskriptive Statistiken und *P*-Werte durch Test der Nullhypothese; ein *P*-Wert < 0,05 gilt als statistisch signifikant und deutet auf eine Veränderung im Lauf der Zeit hin.**Tabelle 3** Knochenniveauveränderungen (mm) von Beginn bis 1 Jahr für alle Gruppen zusammen*

Gruppe/ Termin	Mesial				Distal			
	n	Ø	SA	P	n	Ø	SA	P
Pooled data								
Beginn	38	1,1079	1,7810		35	0,6886	0,8087	
1 Jahr	37	0,9838	0,9520		34	1,0912	0,8536	
Differenz	33	0,1848	0,6615	0,2006	29	0,4310	0,9529	0,0446

SA = Standardabweichungen.

*Deskriptive Statistiken und *P*-Werte durch Test der Nullhypothese; ein *P*-Wert < 0,05 gilt als statistisch signifikant und deutet auf eine Veränderung im Laufe der Zeit hin.**Tabelle 4** *P*-Werte aus Test der Hypothese, dass der Knochenverlust in allen Gruppen gleich ist*

Zu testende Hypothese	Mesial		Distal	
	Beginn	1 Jahr	Beginn	1 Jahr
Gruppe 1 = Gruppe 2 = Gruppe 3 = Gruppe 4	0,4624	0,3700	0,6578	0,8074
Gruppe 1 = Gruppe 2	0,6252	0,4378	0,9156	0,5303
Gruppe 1 = Gruppe 3	0,4068	0,3547	0,4487	0,3340
Gruppe 1 = Gruppe 4	0,8914	0,5108	0,8298	0,6797
Gruppe 2 = Gruppe 3	0,1042	0,1212	0,2931	0,7285
Gruppe 2 = Gruppe 4	0,2428	0,2505	0,7516	0,6334
Gruppe 3 = Gruppe 4	0,5060	0,6741	0,3847	0,8538

*Ein *P*-Wert < 0,05 gilt als statistisch signifikant.

Papillenerhalt (Index 3); etwa 6 % zeigten eine Hyperplasie. Bei den übrigen war der Erhalt nicht vollständig, weil parodontale Defekte an den Nachbarzähnen vielleicht den Erhalt beeinträchtigten. Der Durchschnittsindex für die Gesamtstichprobe, bis auf die genannten Papillen, die eine Hyperplasie aufwiesen, betrug $2,81 \pm 0,5$.

Diskussion

In früheren Studien zu Implantaten, die in Extraktionsalveolen inseriert worden waren, wurden Erfolgsraten von 100 %¹⁰ bzw. 96,4 %¹¹ verzeichnet. In diesen Studien wurden allerdings nur die Implantate berücksichtigt, die umlaufende Defekte aufwiesen. Bukkale Dehiszenzen waren nicht eingeschlossen. Diese Erfolgsraten entsprechen denen, die in den Gruppen 3 und 4 der vorliegenden Studie erzielt wurden. Die Erfolgsrate der Gruppe 1 betrug auch 100 %, vermutlich weil die Defekte kleiner waren als die Defekte der Gruppe 2. Tatsächlich sind die bukkalen Defekte nach einer Extraktion häufig kleiner als die Defekte, die nach einer lokalen Infektion vorhanden sind.

Beim ersten Misserfolg entsprach der Defekt 80 % der Implantatlänge. Beim zweiten Misserfolg war wegen der Nähe zur Kieferhöhle ein relativ kurzes Implantat verwendet worden. Der Defekt war schwer und es war nicht sicher, ob die Primärstabilität erreicht worden war, auch wenn das Insertionsdrehmoment 40 Ncm betragen hatte. In diesen beiden Bereichen war die Primärstabilität wegen der Schwere des Defekts und der anatomischen Einschränkungen auf einen geringeren Teil des Implantats beschränkt. Das könnte den Misserfolg erklären.

Insgesamt ermöglicht dieses Protokoll die Einzelzahnimplantation, so-

wohl sofort nach der Extraktion oder, bei Vorliegen einer Infektion, kurz danach. Bukkale Defekte beeinflussen das Protokoll nicht. Die Erfolgsrate von 95,2 % entspricht der Erfolgsrate einer konventionellen Technik. Für Einzelzahnimplantate, die mit einer konventionellen Technik und mit demselben Implantatsystem in verheilte Bereiche inseriert wurden, finden sich in der Literatur Angaben zu einem durchschnittlichen Knochenverlust von 0,5 mm beim Follow-up nach einem Jahr^{16, 17}. In der vorliegenden Studie blieb das marginale Knochenniveau in den meisten Fällen stabil. Bei manchen Patienten wurde ungeachtet der Gruppe, zu der sie gehörten, ein Knochenwachstum beobachtet. Bei anderen stand ein relativ starker Knochenabbau in Zusammenhang mit dem Vorliegen eines parodontalen knöchernen Defekts an einem Nachbarzahn.

Diese Stabilität und das Knochenwachstum sind erklärbar. 1892 schrieb Wolff¹⁸: „Der Knochen passt seine äußere Form und innere Struktur den mechanischen Kräften an, die er tragen muss.“ Diese Anpassung ist aufgrund der interstitiellen Knochenbildung möglich. Mittlerweile ist allgemein bekannt, welche Vorteile die Belastung des periimplantären Knochens bietet^{19, 20}.

Exzessive Mikrobewegungen verhindern die Reparatur des Knochens um das Implantat²¹. Außerdem wurde gezeigt²², dass das Knochenremodeling die Folge der Verformung der Mikroumgebung des Knochens ist und dass die Kollagenmineralisierung in direktem Zusammenhang zu dieser Verformung steht^{23, 24}. Wie Frost²⁵ schreibt, „liegt der Schwellenwert der tolerierten Mikrobewegung nachweislich bei 500 bis 3000 μ S (0,05 % < S < 0,3 %) und er führt zur anabolen Knochenregeneration“. Die Belastung (S) wird als das Verhältnis zwischen der ursprünglichen

Zellenlänge und der endgültigen Länge definiert, die nach einer Belastung erreicht wird. In vitro²⁶ wurde gezeigt, dass die Bewegung der intrakanalikulären Flüssigkeit, die auf die Belastung folgt, eine Verformung der Osteozyten und der Bone Lining Cells bewirkt, die als Mechanorezeptoren fungieren, und dass Distickstoffoxid und Prostaglandin E2 produziert werden, die einen Einfluss auf die Bildung der Osteoblasten und Osteoklasten und somit auf das Knochenremodeling haben. Dies wurde vor Kurzem in einer Tierstudie²² gezeigt, in der bereits am ersten Tag auf der Oberfläche sofort belasteter Implantate Osteoblasten nachgewiesen wurden. Klinisch ist eine provisorische Krone nach der Eingliederung (sofort oder kurz nach der Implantatinsertion) dem Druck der Lippen und der Zunge ausgesetzt, was eine Belastung für den Implantatrand bedeutet. Durch diese Belastung werden direkt im periimplantären Knochen Zellverformungen ausgelöst. Wenn sie sich in einem Bereich von 400 bis 3.000 μ S²⁵ bewegen, setzt an der Implantatoberfläche ein Knochenremodeling ein und die Osseointegration findet statt. Nach einer Durchsicht der Literatur schrieben Bertram und Swartz²⁷: „Die Adaption der Form des Knochens an neue funktionelle Anforderungen setzt eine regenerative oder reparative Reaktion voraus.“ Extraktionsalveolen sind damit die besten Bereiche für die Anwendung dieses Konzepts.

Meist weisen Extraktionsbereiche Knochendefekte auf. Aufgrund der daraus resultierenden periimplantären Diskrepanz kann die Spannung, die am Implantatrand entsteht, nicht in den umliegenden Knochen weitergeleitet werden. Um einen solchen Defekt zu reparieren, muss er mit einem Material gefüllt werden, das die gleichen physikalischen Eigenschaften wie humaner Knochen hat, dies

betrifft vor allem das Elastizitätsmodul. Diese Technik kann nur dann angewandt werden, wenn der periimplantäre Knochen oder der Knochen an den Defekträndern solchen Mikrobewegungen ausgesetzt wird, wie sie von Frost²⁵ definiert wurden. Dies ist möglich, wenn der Implantatrand bestimmte Oberflächenmerkmale aufweist. Das Mikrogebinde setzt die Auswirkungen der Belastung auf den umliegenden periimplantären Knochen außer Kraft²⁸.

Die Knochenstabilität könnte auch entstehen, weil das Abutment, das bei der Eingliederung der provisorischen Krone inseriert wird, nicht entfernt wird. Das ist tatsächlich wichtig für den Erhalt des bindegewebigen Attachments¹². In einer ähnlichen Studie¹⁰ hatte das gewählte Implantat einen glatten Rand. Es wurde kein Material verwendet, um den umlaufenden Defekt aufzufüllen. Der Knochenverlust betrug beim Follow-up nach einem Jahr 0,24 mm. Er entwickelte sich aber anscheinend im Lauf der Zeit entsprechend dem Weichgewebeniveau. In einer weiteren Studie, in der Astra-Tech-ST-Implantate verwendet wurden¹¹, betrug der durchschnittliche Knochenabbau beim Follow-up nach einem Jahr 0,4 mm. Dieses Ergebnis kann allerdings nicht ganz richtig sein, weil – ähnlich wie in dieser Studie – manche Implantate ein Knochenwachstum aufwiesen, für das der Autor keine Erklärung gab.

Die frühe Insertion der provisorischen Krone beeinflusst weiterhin die Weichgewebeheilung und den Papillenerhalt²⁹. Wie im Knochen findet auch im Weichgewebe um eine provisorischen Krone ein Remodeling statt, analog zum Remodeling der darunterliegenden Knochenmorphologie.

Schlussfolgerungen

Patienten, die eine Einzelzahnrehabilitation benötigen, können prognostizierbar provisorisch versorgt werden, auch wenn die Implantation in eine frische Extraktionsalveole mit knöchernen Defekten erfolgt ist. So wird die Behandlungszeit signifikant reduziert und der Patient muss keine herausnehmbare Versorgung tragen. Sofern die Behandlung mit gesteuerter Knochenregeneration erfolgt, braucht der Patient nur für wenige Tage eine herausnehmbare Versorgung. Der Knochenverlust war beim Follow-up-Termin nach einem Jahr nicht statistisch signifikant. Das bedeutet, dass das ästhetische Ergebnis prognostizierbar ist. Es ist auf eine biologische Herangehensweise an die Knochenheilung zurückzuführen, dass kein Knochenabbau stattfand. Dabei wird berücksichtigt, dass der Knochen während seiner Entstehung stimuliert werden muss, damit er sich so umbaut, dass er den Belastungen, denen er ausgesetzt ist, standhalten kann. Die Implantatüberlebensrate von 95,2 % ist ähnlich wie beim kurzfristigen Follow-up nach einem konventionellen zweizeitigen Verfahren³⁰. Das Vorliegen einer lokalen Infektion im geplanten Implantatbereich könnte allerdings die Ergebnisse gefährden. Mithilfe von Multicenter-Studien sollte die Wirksamkeit dieser Methode bestätigt werden.



Literatur

1. Lazzara RJ. Immediate implant placement into extraction sites: Surgical and restorative advantages. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9:332–343.
2. Gelb DA. Immediate implant surgery: Three-year retrospective evaluation of 50 consecutive cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:388–399.
3. Chiapasco M, Gatti C, Rossi E, Haefliger W, Markwalder TH. Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading. A retrospective multicenter study of 226 consecutive cases. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:48–57.
4. Testori T, Meltzer A, Del Fabbro M, et al. Immediate occlusal loading of Osseotite implants in the lower edentulous jaw. A multicenter prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:278–284.
5. Wöhrle PS. Single-tooth replacement in the esthetic zone with immediate provisionalization: Fourteen consecutive case reports. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998; 10:1107–1114.
6. Ericsson I, Nilson H, Lindh T, Nilner K, Randow K. Immediate functional loading of Brånemark single tooth implants. An 18 months' clinical pilot follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:26–33.
7. Cooper L, Felton DA, Kugelberg CF, et al. A multicenter 12-month evaluation of single-tooth implants restored 3 weeks after 1-stage surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:182–192.
8. Chaushu G, Chaushu S, Tzohar A, Dayan D. Immediate loading of single-tooth implants: Immediate versus non-immediate implantation. A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:267–272.
9. Andersen E, Haanaes HR, Knutsen BM. Immediate loading of single-tooth ITI implants in the anterior maxilla: A prospective 5-year pilot study. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:281–287.
10. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Lozada JL. Immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: A 1-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:31–39.
11. Norton MR. A short-term clinical evaluation of immediately restored maxillary TiOblast single-tooth implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:274–281.
12. Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 1997;24:568–572.
13. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P. The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol* 1992;63:995–996.
14. Jemt T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:327–333.
15. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989;62:567–572.
16. Palmer RM, Palmer PJ, Smith BJ. A 5-year prospective study of Astra single tooth implants. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11:179–182.
17. Puchades-Roman L, Palmer RM, Palmer PJ, Howe LC, Ide M, Wilson RF. A clinical, radiographic, and microbiologic comparison of Astra Tech and Brånemark single tooth implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000; 2:78–84.
18. Wolff J. *Das Gesetz der Transformation der Knochen*. Berlin: A. Hirschwald, 1892.
19. Stanford CM. Biomechanical and functional behavior of implants. *Adv Dent Res* 1999;13:88–92.
20. Hoshaw SJ, Brunski JB, Cochran GVD. Mechanical loading of Brånemark implants affects interfacial bone modeling and remodeling. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:345–360.
21. Brunski JB, Puleo DA, Nanci A. Biomaterials and biomechanics of oral and maxillofacial implants: Current status and future developments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:15–46.
22. Meyer U, Wiesmann HP, Fillies T, Joos U. Early tissue reaction at the interface of immediately loaded dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:489–499.



23. Lanyon LE. Functional strain as a determinant of bone remodeling. *Calcif Tissue Int* 1984;36(suppl 1):56-61.
24. Meyer U, Wiesmann HP, Meyer T, et al. Microstructural investigations of strain-related collagen mineralization. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001;39:381-389.
25. Frost HM. Mechanical determinants of bone modelling. *Metabol Bone Dis Relat Res* 1982;4:217-219.
26. Burger EH, Klein-Nulend J. Responses of bone cells to biomechanical forces in vitro. *Adv Dent Res* 1999;13:93-98.
27. Bertram JEA, Swartz SM. The 'law of bone transformation': A case of crying Wolff? *Biol Rev Camb Philos Soc* 1991;66:245-273.
28. Hansson S. The implant neck: Smooth or provided with retention elements. A biomechanical approach. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:394-405.
29. Jemt T. Restoring the gingival contour by means of provisional resin crowns after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999;19:20-29.
30. Esposito MA, Koukouloupoulou A, Coulthard P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: Dental implants in fresh extraction sockets (immediate, immediate-delayed and delayed implants). *Cochrane Database Syst Rev* 2006;(4):CD005968.