

R. Nölken<sup>1,2</sup>, M. Kunkel<sup>3</sup>, W. Wagner<sup>2</sup>

# Verzögerte Sofortimplantation, Sofortrekonstruktion und Sofortversorgung nach Wurzellängsfraktur mit vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle

*Early implant placement, immediate reconstruction and provisionalization after long-axis root fracture and total loss of the facial bony lamella*

**Ziel** dieser Fallberichte ist es, die Anwendbarkeit und Vorteile einer lappenfreien Operationstechnik zur verzögerten Sofortimplantation mit simultaner Kammaugmentation und provisorischer Sofortversorgung bei vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle durch Wurzellängsfraktur bei drei Oberkieferfrontzähnen darzustellen.

**Material und Methoden:** Drei Nobel Perfect Groovy Implantate wurden bei drei Patienten (Nachbeobachtungszeitraum 23 bis 26 Monate) als verzögerte Sofortimplantate drei bis acht Wochen nach Extraktion lappenfrei transalveolär inseriert, obwohl es durch eine Wurzellängsfraktur zu einem vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle gekommen war. Die Implantate wurden simultan mit einer subperiostalen Kammaugmentation mit autologen Knochenspänen vom Kieferwinkel inseriert und provisorisch sofortversorgt. Nachuntersuchungskriterien waren die Implantatstabilität, das marginale Knochenniveau und der Pink Esthetic Score nach Fürhauser (PES).

**Ergebnisse:** Alle Implantate erreichten eine sehr gute Primärstabilität und heilten ohne Implantatverlust ein. Das durchschnittliche approximale Knochenniveau stabilisierte sich 1,7 mm koronal des ersten Gewindeganges. Postoperative digitale Volumentomogramme (DVT) nach mindestens 23 Monaten bestätigten die knöcherne Regeneration und Stabilität der fazialen Knochenlamelle. Die marginale Weichgewebsästhetik zeigte nach einem durchschnittlichen postoperativen Nachuntersuchungszeitraum von 24 Monaten einen sehr hohen durchschnittlichen Wert von 13 im PES.

**Purpose:** The aim of these case reports is to present the performance and advantages of a flapless surgical approach for early implant placement, simultaneous alveolar ridge augmentation and immediate provisionalization in case of total loss of the facial bony lamella due to long-axis root fracture for three upper incisors.

**Materials and Methods:** Three NobelPerfect Groovy implants were placed flapless as early implants three to eight weeks post extraction in three patients (follow-up 23 to 26 months) who had sustained complete loss of the facial bony lamellae. The implants were inserted simultaneously with subperiosteal bone augmentation using autogenous bone chips and underwent immediate provisionalization. Outcome variables were implant success, marginal bone level and Pink Esthetic Score according to Fürhauser (PES).

**Results:** All implants achieved excellent primary stability. There were no implant losses. On average, the interproximal marginal bone level stabilized at 1.7 mm coronal to the first thread. Post-operative cone beam tomographies (CB-CT) at least 23 months post-operatively confirmed restoration and stability of the facial lamella. Marginal esthetics, as assessed by PES, yielded the very high mean score of 13 after a mean follow-up period of 24 months.

**Conclusion:** Survival rate, marginal bone level and esthetic results suggest that the principle of flapless early implant placement with simultaneous reconstruction of an extended crestal bony defect and immediate provisionalization in case of total loss of the facial bony lamella is a further therapeutic option in the anterior maxilla.

<sup>1</sup> Fachzahnarzt für Oralchirurgie, Spezialist für Parodontologie der DGP, Lindau / Bodensee, Deutschland

<sup>2</sup> Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – plastische Operationen, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg Universität Mainz, Deutschland

<sup>3</sup> Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Bochum, Deutschland

DOI 10.3238/ZZI.2010.0136

<sup>1</sup> Specialist in Oral Surgery, Specialist in Periodontology of the DGP, Lindau / Bodensee, Germany

<sup>2</sup> Department of oral and maxillofacial surgery and plastic surgery, University hospital Mainz, Germany

<sup>3</sup> Department of oral and maxillofacial surgery, University hospital Bochum, Germany

Übersetzung: LinguaDent

**Zusammenfassung:** Die knöcherne Heilung, das marginale Knochenniveau und die ästhetischen Ergebnisse belegen, dass das Prinzip der lappenfreien verzögerten Sofortimplantation mit Sofortrekonstruktion eines ausgeprägten Knochendefektes und provisorischer Sofortversorgung auch im Falle eines vollständigen Verlustes der fazialen Knochenlamelle als zusätzliche Therapieoption in der Oberkieferfrontzahnregion erfolgreich anwendbar ist.

*Schlüsselwörter:* verzögerte Sofortimplantation; provisorische Sofortversorgung; lappenfreie Implantatinsertion; Verlust der fazialen Knochenlamelle; Wurzellängsfraktur; lappenfreie Knochenaugmentation; digitale Volumetomographie

### Abkürzungen

DVT digitale Volumetomographie  
PES Pink Esthetic Score nach Fürhauser  
VMK Keramikverblendkrone

*Keywords:* early implant placement; immediate provisionalization; flapless implant placement; loss of facial bony lamella; long-axis root fracture; flapless bone augmentation; cone beam computed tomography

### Abbreviations

CB-CT cone beam computed tomography  
PES Pink Esthetic Score after Fürhauser  
PFM Porcelain-fused-to-metal

## Einleitung

Wurzellängsfrakturen endodontisch behandelter Zähne sind häufig Ursachen für Extraktionen in der Oberkieferfrontzahnregion. Wurzelkanaltherapie, ausgedehnte Kavitätenpräparationen, Stiftversorgungen und Wurzelspitzenresektionen tragen zur Erhöhung des Risikos einer Wurzellängsfraktur bei [32, 45, 59]. Typischerweise wird aufgrund der bakteriellen Besiedlung des Bruchspaltes in der Folge Alveolarknochen resorbiert, so dass häufig die gesamte faziale Knochenlamelle verloren geht [46]. Diese Situation gilt bisher als typische Kontraindikation für eine frühzeitige Implantation und insbesondere für eine sofortprovisorische Versorgung [23, 57].

Bei der Ausheilung nach Extraktion des Zahnes verbleibt aber in der Regel ein ausgeprägter Alveolarkammdefekt, der implantologisch nur aufwendig und oft nur durch mehrere Therapieschritte ästhetisch rekonstruiert werden kann [10, 18, 28, 48]. Mehrzeitige Behandlungskonzepte bringen jedoch neben der Narbenbildung auch wesentliche Nachteile bezüglich der Erhaltung des vorhandenen Knochenniveaus [5, 11] und der marginalen Weichgewebkontur [53, 54] mit sich. Es konnte deutlich gezeigt werden, dass die unwillkürlich auftretenden, beträchtlichen resorptiven Veränderungen der Extraktionsalveole den ästhetischen Langzeiterfolg negativ beeinflussen [24, 29, 49]. Aufbauend auf den Arbeiten von W. Schulte [51] konnte in eigenen Arbeiten gezeigt werden, dass eine Sofortimplantation in die Extraktionsalveole und Sofortversorgung mit einer provisorischen Krone den Erhalt der vorhandenen knöchernen und gingivalen Strukturen begünstigt [20, 21, 26, 30], so dass auch die Beschreibung von vestibulären Rezessionen als Indikationseinschränkung kritisch hinterfragt werden muss [14, 17, 27].

Es waren die auffallend guten ästhetischen Ergebnisse in kürzlich publizierten eigenen Studien zur Sofortimplantation von NobelPerfect Implantaten mit provisorischer Sofortversorgung in Alveolen mit [39] und ohne faziale Knochenlamelle [40], die uns bewogen, dieses Behandlungskonzept auf die Indikation der verzögerten Sofortversorgung bei vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle zu übertragen. Der Grund-

## Introduction

Long-axis root fractures of teeth that have undergone endodontic treatment are a frequent cause of extractions in the upper anterior region. Root canal therapy, extensive cavity preparation, post restorations and apicectomies contribute to the risk of a long-axis root fracture [32, 45, 59]. Typically, alveolar bone is subsequently resorbed because of the bacterial colonization of the fracture gap so that the entire facial bone lamella is often lost [46]. This situation has hitherto been regarded as a typical contraindication to early implant insertion and particularly for immediate provisionalization [23, 57].

However, healing following dental extraction usually leaves a marked ridge defect, which can be reconstructed esthetically only with difficulty and often requires several procedures [10, 18, 28, 48]. Apart from scarring, multistage treatment concepts also involve significant disadvantages with regard to preservation of the existing bone level [5, 11] and the marginal soft tissue contour [53, 54]. It has been shown clearly that the considerable resorptive changes in the extraction socket that occur automatically have a negative influence on the long-term esthetic outcome [24, 29, 49]. Based on the studies of W. Schulte [51], it has been shown in individual studies that immediate implant insertion in the extraction socket with immediate provisionalization promotes preservation of the existing bony and gingival structures [20, 21, 26, 30], so that the description of vestibular recessions as limiting the indication must be examined critically [14, 17, 27].

The strikingly good esthetics in recently published individual studies of immediate implant insertion of NobelPerfect implants with provisionalization in sockets with [39] and without a facial bony lamella [40] induced us to apply this treatment concept to the indication of early restoration when there is complete loss of the facial bony lamella. The basic idea of this treatment concept consists of early implant placement in the defective residual socket after healing of the soft tissue and subsidence of infection with simultaneous immediate reconstruction of the missing facial bony lamella with a layer of autogenous bone chips obtained from the ramus and placed through

gedanke des Behandlungskonzeptes besteht in der verzögerten Sofortimplantation in die defekte Restalveole nach Abheilung der Weichgewebe und Abklingen der Infektion, der simultanen Sofortrekonstruktion der fehlenden fazialen Knochenlamelle mit einer Schicht von autologen Knochenspänen, die aus dem Kieferwinkel gewonnen und ohne Lappenbildung transalveolär in den Spalt zwischen Implantat und faziale Weichgewebe eingebracht wird. Durch die Herstellung und Eingliederung einer provisorischen Sofortversorgung werden die ehemaligen gingivalen Weichteile ausgeformt und gestützt.

Das Ziel dieser Falldarstellungen war es, die grundsätzliche Eignung dieser Methode der verzögerten lappenfreien Sofortimplantation mit Sofortrekonstruktion und Sofortversorgung bei vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle darzustellen. Es werden die ersten Ergebnisse mit klinischen, radiologischen und ästhetischen Parametern in einem Nachuntersuchungszeitraum von zwei Jahren (23 bis 26 Monaten) dargestellt.

## Material und Methoden

### Patienten

Von November 2005 bis Mai 2006 wurden drei Patienten (zwei Männer, eine Frau) mit einem Durchschnittsalter von 54 Jahren (Altersspanne von 45 bis 65 Jahre) mit diesem Behandlungskonzept implantologisch versorgt. Ein Patient war starker Raucher (bis zu 80 Zigaretten täglich), zwei Patienten Nichtraucher. Voraussetzung war ein Zahnverlust vor mindestens drei und höchstens acht Wochen in der ästhetischen Zone aufgrund einer Wurzellängsfraktur und einem vollständigen Verlust der fazialen Knochenlamelle, wenn gleichzeitig eine hohe Implantatprimärstabilität aufgrund der möglichen Implantatdimension zu erwarten war sowie der Patientenwunsch nach einer provisorischen Sofortversorgung bestand. Ausgeschlossen wurden Patienten mit einer früheren Bestrahlungstherapie, systemischen Knochenerkrankung oder einer andauernden Bisphosphonat- bzw. Immunsuppressionstherapie.

Drei NobelPerfect Groovy Implantate (NobelBiocare, Zürich, Schweiz) mit 16 mm Länge wurden zum Ersatz der beiden mittleren (Durchmesser 4,3 mm) und eines lateralen Oberkieferschneidezahnes (Durchmesser 3,5 mm) inseriert.

### Chirurgisches Vorgehen

Die Implantate wurden drei, vier bzw. acht Wochen nach Exzision der längsfrakturierten Zähne im Sinne einer verzögerten Sofortimplantation inseriert. Der Zugang zur Implantatinsertionsstelle erfolgte ohne Lappenbildung transalveolär vom palatinalen Rand der Exzisionsalveole beginnend. Mit kleinen Raspatorien wurde entlang der palatinalen Alveolenwand bis zum apikalen Bereich das junge alveoläre Granulationsgewebe als zusätzliches Weichgewebepolster nach fazial verdrängt, um die faziale Knochenkante der defekten Alveole aufzusuchen und fazial der Knochenkante das Periost über die ehemalige Alveole hinaus subperiostal zu unterminieren. Die Implantatlager wurden entsprechend den Anweisungen des Herstellers aufbereitet. Die Implantate wurden in der Längsachse der Wurzel des zu ersetzenden Zahnes und in Kontakt zur

the socket in the gap between the implant and facial soft tissue without raising a flap. Fabricating and fitting an immediate provisional restoration shapes and supports the former gingival soft tissues.

The aim of these case reports was to present the fundamental suitability of this method of flapless early implant placement with immediate reconstruction and immediate provisionalization in the case of total loss of the facial bony lamella. The initial results are presented with the clinical, radiographic and esthetic parameters after a two-year follow-up period (23 to 26 months).

## Material and methods

### Patients

From November 2005 to May 2006, three patients (two men, one woman) with an average age of 54 years (range 45 to 65 years) underwent implant insertion with this treatment concept. One patient was a heavy smoker (up to 80 cigarettes per day) and two patients were non-smokers. The precondition was tooth loss in the esthetic area at least three weeks and no more than eight weeks previously because of a long-axis root fracture, together with total loss of the facial bony lamella, if good primary implant stability could be expected on the basis of the possible implant size and if the patient asked for immediate provisionalization. Patients with previous radiotherapy or systemic bone disease or who were on long-term bisphosphonate or immunosuppressant therapy were excluded.

Three NobelPerfect Groovy implants (Nobel Biocare, Zurich, Switzerland) with a length of 16 mm were inserted to replace two upper central incisors (diameter 4.3 mm) and one upper lateral incisor (diameter 3.5 mm).

### Surgical procedure

The implants were inserted three, four and eight weeks after extraction of the long-axis fractured teeth using early implant placement. Access to the implant insertion site was transalveolar without a flap, starting from the palatal margin of the extraction socket. Using small periosteal elevators, the fresh alveolar granulation tissue was pushed in the facial direction along the palatal socket wall as far as the apical region as additional soft tissue padding, in order to find the facial bone margin of the defective socket and undermine the periosteum over the former socket facial to the bone margin. The implant sites were prepared according to the manufacturer's instructions. The implants were inserted in the long axis of the root of the replaced tooth and in contact with the oral bone lamella. The implant site was prepared and the implant diameter was selected

oralen Knochenlamelle inseriert. Die Präparation des Implantatlagers und die Auswahl des Implantatdurchmessers erfolgte so, dass die faziale Implantatkante deutlich hinter der Verbindungslinie der Fazialflächen der Wurzeloberflächen der Nachbarzähne (knöcherner Alveolarkammbogen) zu liegen kam. Die Insertionstiefe wurde durch das proximale und faziale Hart- und Weichgewebsniveau bestimmt. Der mit Grooves versehene Bereich des Implantathalses wurde nach dem proximalen Knochenkontakt und die girlandenförmige Implantatschulter etwa 2–3 mm apikal zum vestibulären marginalen Weichgewebe ausgerichtet. Alle Insertionsstellen erlaubten die primär stabile Aufnahme von 16 mm langen Implantaten. Der Implantatdurchmesser betrug im Bereich des zentralen Schneidezahnes jeweils 4,3 mm, im Bereich des lateralen Schneidezahnes 3,5 mm.

Zur Rekonstruktion der fazialen Knochenlamelle wurden simultan autogene Knochenspäne in den fazialen Spalt zwischen Implantatoberfläche, fazialen Weichteilen und apikal fazial unterminierten Periost durch Kondensation mit einem schmalen Plugger transplantiert. Die autogenen Knochenblocktransplantate wurden vom Unterkiefer winkel entnommen und in einer Knochenmühle partikuliert (R. Quétin Bone-Mill, Leimen, Deutschland bzw. Bull Knochenmühle, Mondeal, Tuttlingen, Deutschland). Ergänzende Weichgewebstransplantate wurden nicht eingebracht.

#### Provisorische Sofortversorgung

Zur provisorischen Sofortversorgung wurden Titanabutments in das Implantat eingeschraubt und entsprechend der Okklusion und Artikulation extraoral beschliffen. Kunststoffprothesenzähne (Vita Physiodens, Vita, Bad Säckingen, Deutschland) wurden aus- und zugeschliffen, um an die Implantationsstelle adaptiert zu werden. Nach Unterfütterung mit einem provisorischen Kronenmaterial (Luxatemp Fluorescence, DMG, Hamburg, Deutschland) wurde die provisorische Krone extraoral auf einem Implantatreplika und dem individualisierten Titanabutment fertiggestellt. Die provisorische Krone wurde am Tag der Implantation mit Temp Bond (KerrHawe SA, Bioggio, Schweiz) auf dem Titanabutment fixiert und aus Okklusion und Artikulation freigeschliffen. Zur weiteren Stabilisierung wurde an den palatinalen Flächen der provisorischen Implantatkrone und der beiden Nachbarzähne eine Schienung aus einem quer vernetzten Glasfaserband (Ribbond THM, Seattle, USA) und einem fließfähigen Composite (Tetric Flow, Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Deutschland) angebracht. Zur perioperativen Infektionsprophylaxe erhielten die Patienten Clindamycin (4 Dosen mit je 300 mg täglich, präoperativ am Tag der OP bis eine Woche postoperativ).

Nach mindestens drei Monaten wurden die definitiven VMK-Kronen im zahntechnischen Labor hergestellt und mit einem Glasionomercement definitiv eingesetzt (Ketac-Cem, 3M Espe, Seefeld, Deutschland).

#### Nachuntersuchung und Definition der Bewertungskriterien

Die Patienten wurden klinisch und radiologisch zum Zeitpunkt der Implantatinsertion, drei Monate postoperativ bei der definitiven Versorgung und regelmäßig im 6-Monatsinter-

so that the facial implant margin was located well behind the line connecting the facial surfaces of the root surfaces of the adjacent teeth (bony alveolar ridge). The insertion depth was determined by the interproximal and facial hard and soft tissue level. The grooved part of the implant neck was aligned according to the interproximal bone contact and the scalloped implant shoulder about 2–3 mm apical to the vestibular marginal soft tissue. All insertion sites allowed primary stable placement of implants 16 mm in length. The implant diameter was 4.3 mm in the central incisor sites and 3.5 mm in the lateral incisor site.

For reconstruction of the facial bone lamella, autogenous bone chips were grafted simultaneously into the facial gap between the implant surface, facial soft tissues and apical periosteum, which had been undermined facially, by condensation with a narrow plugger. The autogenous bone block grafts were harvested from the angle of the mandible and particulated in a bone mill (R. Quétin Bone-Mill, Leimen, Germany or Bull Knochenmühle, Mondeal, Tuttlingen, Germany). Additional soft tissue grafts were not performed.

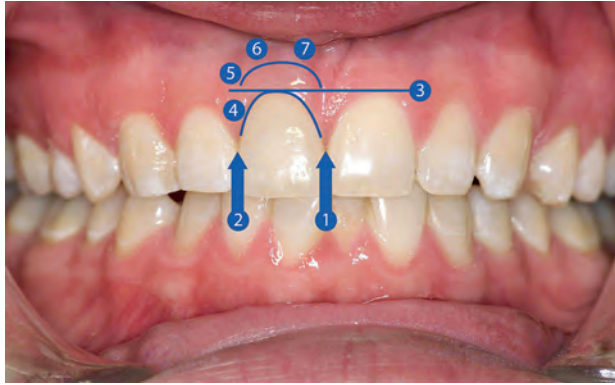
#### Immediate provisionalization

For immediate provisionalization, titanium abutments were wound into the implant and trimmed extraorally according to the occlusion and articulation. Acrylic denture teeth (Vita Physiodens, Vita, Bad Säckingen, Germany) were hollowed out and trimmed so that they could be adapted to the implant site. After relining with a temporary crown material (Luxatemp Fluorescence, DMG, Hamburg, Germany) the provisional crown was fabricated extraorally on an implant replica and the customized titanium abutment. The provisional crown was fixed on the titanium abutment on the day of implant insertion with Temp Bond (KerrHawe SA, Bioggio, Switzerland) and relieved from occlusion and articulation. For further stabilization, a splint made of a cross-linked glass fiber ribbon (Ribbond THM, Seattle, USA) and a low-viscosity composite (Tetric Flow, Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany) was applied to the palatal surface of the provisional implant crown and the two adjacent teeth. For perioperative infection prophylaxis, the patients were given clindamycin (4 doses of 300 mg per day, preoperatively on the day of surgery up to a week postoperatively).

After a minimum of three months, the final PFM crowns were fabricated in the dental laboratory and cemented with a glass ionomer cement (Ketac-Cem, 3M Espe, Seefeld, Germany).

#### Follow-up and definition of the evaluation criteria

The patients were followed up clinically and radiographically at the time of implant insertion, three months postoperatively at delivery of the final restoration and then regularly at



**Abbildung 1** Variablen und Kriterien des „Pink Esthetic Score“ nach Fürhauser.

**Figure 1** Variables and criteria of the “Pink Esthetic Score” according to Fuerhauser.

Alle Abbildungen: Nölken

vall und zuletzt nach zwei Jahren (mindestens 23 und maximal 26 Monaten) nach Implantatinserterion nachuntersucht.

Die Implantate wurden nach den Kriterien nach Buser et al. [8] evaluiert. Insbesondere beinhalten diese Kriterien Verlust oder Lockerung eines Implantates, Entzündungsstatus der periimplantären Mukosa und die periimplantäre Radioluzenz.

Periimplantäre Sondierungstiefen wurden an sechs Stellen am Implantat gemessen (mesiofazial, fazial, distofazial, mesiolingual, lingual, distolingual). Der Sulkus-Blutungsindex (SBI) nach Mühlemann und Son [33] wurde präoperativ und bei jeder Nachuntersuchung bestimmt.

Das marginale Knochenniveau wurde mittels digitalen Einzelzahn-aufnahmen, die in Rechtwinkeltechnik und mit einem Rinn-Sensorhaltersystem erstellt wurden, beurteilt. Insbesondere wurde die vertikale Distanz zwischen dem Knochenniveau und der Prominenz des ersten Gewindeganges mesial und distal des Implantates gemessen. Ein Knochenniveau koronal des ersten Gewindeganges wurde durch positive Werte und ein Knochenabbau durch negative Werte in Relation zu diesem Niveau angegeben.

Bei der Nachuntersuchung nach zwei Jahren erlaubten Rekonstruktionen von DVT-Daten (Classic i-CAT, Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA, Aufnahmemodus 0,25 Voxel High Resolution; Accuitomo, J. Morita, Kyoto, Japan, Aufnahmemodus 360 Grad Scan mit 550 Bildern) entsprechend der Längsachse des Implantates die Beurteilung der Dimension der fazialen Knochenlamelle, die nur in der dreidimensionalen Schichtaufnahme dargestellt werden kann. Die Aufnahmen wurden zur weiteren implantologischen bzw. parodontologischen Behandlungsplanung und Verlaufskontrolle angefertigt. Auch hier wurde die Distanz vom Niveau der Knochenlamelle zum ersten Gewindegang gemessen.

Zur Beurteilung des ästhetischen Ergebnisses wurde der Pink Esthetic Score (PES) nach Fürhauser [19] (PES) bei jeder Nachuntersuchung bestimmt. Dieser PES besteht aus sieben Variablen (Höhe der mesialen und distalen Papille, das Niveau und die Kontur des Weichgewebes, die Ausformung des Jugulums, die Textur und Farbe der periimplantären Mukosa), die für das schlechteste Ergebnis mit 0 Punkten, für das beste ästhetische Ergebnis mit 2 Punkten bewertet werden und dabei jeweils mit dem korrespondierenden Zahn des Zahnbogens verglichen werden. Details sind der Abbildung 1 und der Tabelle 1 zu entnehmen.

6-month intervals, with the final follow-up two years after implant insertion (at least 23 and no more than 26 months).

The implants were evaluated according to the criteria of Buser et al. [8]. In particular, these criteria include loss or loosening of an implant, inflammatory status of the peri-implant mucosa and peri-implant radiolucency.

Peri-implant probing depths were measured at six sites around the implant (mesiofacial, facial, distofacial, mesiolingual, lingual, distolingual). The sulcus bleeding index (SBI) according to Mühlemann and Son [33] was determined preoperatively and at each follow-up.

The marginal bone level was assessed by digital X-rays using the right angle technique using a Rinn sensor holder. In particular, the vertical distance between the bone level and the prominence of the first thread mesial and distal to the implant was measured. A bone level coronal to the first thread was indicated by positive values and bone loss by negative values relative to this level.

At follow-up after two years, reconstruction of CB-CT data (Classic i-CAT, Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA, imaging mode 0.25 voxel high resolution; Accuitomo, J. Morita, Kyoto, Japan, imaging mode 360 degree scan with 550 images) according to the long axis of the implant allowed assessment of the size of the facial bone lamella, which can be imaged only by three-dimensional slices. The scans were taken for further implant and/or periodontology treatment planning and for follow-up. Again, the distance from the level of the bone lamella to the first thread was measured.

The Pink Esthetic Score (PES) according to Fürhauser [19] (PES) was calculated at each follow-up in order to assess the esthetic outcome. This PES consists of seven variables (height of the mesial and distal papilla, the level and contour of the soft tissue, the shape of the alveolar process, and the texture and color of the peri-implant mucosa), with 0 points for the worst results and 2 points for the best esthetics, compared with the corresponding tooth in the dental arch. Details can be found in Figure 1 and Table 1.



Variablen / Variable	Kriterien / Criterion	0 Punkte / 0 points	1 Punkt / 1 point	2 Punkte / 2 points
mesiale Papille / Mesial papilla	Höhe vgl. mit Referenzzahn / Height compared with reference tooth	fehlend / absent	unvollständig / incomplete	vollständig / complete
distale Papille / Distal papilla	Höhe vgl. mit Referenzzahn / Height compared with reference tooth	fehlend / absent	unvollständig / incomplete	vollständig / complete
Weichgewebnsniveau / Soft tissue level	Niveau vgl. mit Referenzzahn / Level compared with reference tooth	grössere Diskrepanz, mehr als 2 mm / major discrepancy, more than 2 mm	kleine Diskrepanz zwischen 1 und 2 mm / small discrepancy between 1 and 2 mm	Keine Diskrepanz oder kleiner als 1 mm / no discrepancy or smaller than 1 mm
Weichgewebnskontur / Soft tissue contour	Natürlichkeit vgl. mit Referenzzahn / Naturalness compared with reference tooth	unnatürlich / unnatural	weitestgehend natürlich / largely natural	natürlich / natural
Ausformung des Jugulums / Shape of the alveolar process	Defizit des Alveolarfortsatzes / Deficit of the alveolar process	offensichtlich / obvious	gering / slight	kein / no
Farbe des Weichgewebes / Color of soft tissue	Farbe vgl. mit Referenzzahn / Color compared with reference tooth	offensichtlicher Unterschied / obvious difference	kleiner Unterschied / slight difference	kein Unterschied / no difference
Textur des Weichgewebes / Texture of soft tissue	Textur vgl. mit Referenzzahn / Texture compared with reference tooth	offensichtlicher Unterschied / obvious difference	kleiner Unterschied / slight difference	kein Unterschied / no difference

**Tabelle 1** Variablen und Kriterien des „Pink Esthetic Score“ nach Fürhauser.

**Table 1** Variables and criteria of the “Pink Esthetic Score” according to Fuerhauser.

**Ergebnisse**

Alle Patienten erschienen regelmäßig zu ihren Nachuntersuchungen. Obwohl die faciale Knochenlamelle in allen Fällen vollständig fehlte, erreichten die Implantate eine ausreichende Primärstabilität (mindestens 35 Ncm finaler Eindrehwiderstand), um die Implantate unmittelbar provisorisch versorgen zu können. Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen das typische Behandlungsprotokoll einer verzögerten Sofortimplantation zum Ersatz eines oberen Inzisivis im Falle des vollständigen Verlustes der facialen Knochenlamelle nach einer Wurzellängsfraktur.

Innerhalb der Nachuntersuchungszeit von zwei Jahren (23 bis 26 Monate, Mittelwert: 24,3 Monate) musste kein Implantat entfernt werden oder als Verlust nach den Erfolgskriterien nach Buser gewertet werden. Periimplantäre Entzündungen, Knochenverluste oder radiologische periimplantäre Aufhellungen der klinisch stabilen und reizfreien Implantate wurden nicht festgestellt.

Die klinischen Ergebnisse zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung wurden in Tabelle 2 zusammengefasst.

**Sondierungstiefen**

Die mittleren periimplantären Sondierungstiefen betragen zwischen 3,7 mm (distofazial) bis 5 mm (mesiofazial). Ein Vergleich der Sondierungstiefen an der Fazialseite (Durchschnitt 4 mm) und der Oralseite (Durchschnitt 4,3 mm) gab keinen

**Results**

All of the patients attended regularly for follow-up. Although the facial bone lamella was missing completely in all cases, the implants achieved adequate primary stability (at least 35 Ncm final insertion resistance) to allow immediate provisionalization of the implants. Figures 2 to 4 show the typical treatment protocol of early implantation to replace an upper incisor in the case of total loss of the facial bony lamella after a long-axis root fracture.

Within the follow-up period of two years (23 to 26 months, mean: 24.3 months) no implant had to be removed or assessed as a failure according to Buser's criteria for success. Peri-implant inflammation, bone loss or radiographic peri-implant translucency around the clinically stable and uninflamed implants was not found.

The clinical results at the time of the last follow-up are summarized in Table 2.

**Probing depths**

The average peri-implant probing depths were between 3.7 mm (distofacial) and 5 mm (mesiofacial). Comparison of the probing depths on the facial side (mean 4 mm) and the oral

Kriterien / Criteria	Fall 1 / Case 1	Fall 2 / Case 2	Fall 3 / Case 3	Durchschnitt / Mean
Monate postoperativ / Months postoperative	26	23	24	24,3 24.3
Sondierungstiefen fazial / Probing depths facial	6-5-5	5-4-3	4-3-3	4,2 4.2
Sondierungstiefen oral / Probing depths oral	5-4-5	4-5-5	3-3-3	4,4 4.4
SBI / SBI	38	23	20	27
API / API	35	42	56	44,3 44.3
Marginales Knochenniveau mesial / Marginal bone level mesial	1,4 1.4	3,0 3.0	1,7 1.7	2,1 2.1
Marginales Knochenniveau distal / Marginal bone level distal	0,6 0.6	1,8 1.8	1,9 1.9	1,4 1.4
Marginales Knochenniveau fazial / Marginal bone level facial	1,5 1.5	1,5 1.5	0	1,0 1.0
PES / PES	13	14	12	13

**Tabelle 2** Die klinischen Ergebnisparameter der Patientenfälle zum Zeitpunkt der letzten klinischen und radiologischen Nachuntersuchung.

**Table 2** Clinical outcome parameters of patient cases at final clinical and radiographic examination.

Anhalt für ein niedrigeres faziales Knochenniveau im augmentierten Bereich.

#### Marginales Knochenniveau

Das durchschnittliche marginale Knochenniveau lag mesial 2,1 mm (Spanne von 1,4 bis 3,1 mm) und distal 1,4 mm (Spanne von 0,6 bis 1,9 mm) koronal der äußeren Kontur des ersten Gewindeganges des Implantates.

DVTs wurden im Rahmen der weiteren parodontologischen bzw. implantologischen Planung nach 23 bis 26 Monaten (Durchschnitt 24 Monate) postoperativ erstellt. Die Rekonstruktion der DVT-Daten sagittal zur Längsachse der Implantate bestätigte die vollständige Regeneration der fazialen Knochenlamelle in allen Fällen (Abbildungen 2e und 4f). Das durchschnittliche im DVT dargestellte faziale Knochenniveau lag 1 mm koronal des ersten Gewindeganges (Spanne von 0 mm bis 1,5 mm).

#### Pink Esthetic Score

Präoperative Erhebungen des PES waren aufgrund des bereits erfolgten Zahnverlustes nicht mehr möglich. Bei allen Fällen war präoperativ ein ausgeprägter Einbruch des Hart- und Weichgewebes im Bereich des ehemaligen natürlichen Jugulums feststellbar (Abb. 2a, 4a). Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung zwischen 23 und 26 Monaten postoperativ (Durchschnitt 24,3 Monate) wurde der PES mit 12 bis 14 Punkten (Durchschnitt 13) von möglichen 14 Punkten bewertet. Die gingivale Architektur konnte durch die lappenfreie Implantation- und Augmentationstechnik weitestgehend wiederhergestellt werden (Abbildungen 2c, 3 und 4d). Die kritischste Variable des PES war die Ausformung des Jugulums (Durchschnitt 1,33 von möglichen 2 Punkten).

side (mean 4.3 mm) gave no evidence of a lower facial bone level in the augmented region.

#### Marginal bone level

The average marginal bone level was 2.1 mm mesially (range 1.4 to 3.1 mm) and 1.4 mm distally (range 0.6 to 1.9 mm) coronal to the outer contour of the first thread of the implant.

CB-CT scans were performed for further periodontal or implant planning 23 to 26 months postoperatively (average 24 months). The reconstruction of the CB-CT data sagittal to the long axis of the implants confirmed full regeneration of the facial bone lamella in all cases (Figures 2e and 4f). The average facial bone level shown on CB-CT was 1 mm coronal to the first thread (range 0 mm to 1.5 mm).

#### Pink Esthetic Score

Preoperative recording of the PES was not possible because tooth loss had already occurred. In all cases, a marked collapse of the hard and soft tissue in the area of the former natural ridge was found preoperatively. At the time of the last follow-up between 23 and 26 months postoperatively (average 24.3 months) the PES score was 12 to 14 points (average 13) out of a possible 14 points. The gingival architecture was largely restored by the flapless implantation and augmentation technique (Figures 2c, 3 and 4d). The most critical PES variable was the contouring of the alveolar process (average 1.33 out of a possible 2 points).



**Abbildung 2a** Klinische Ausgangssituation drei Wochen nach Zahnentfernung (Fall 1). Durch den Verlust der fazialen Lamelle kam es bereits zum alveolären Kollaps und zum Verlust der Papillen.  
**Figure 2a** Initial clinical aspect three weeks after tooth extraction (case 1). Due to loss of the facial lamella alveolar collapse and loss of papillas had already occurred.



**Abbildung 2b** Nach verzögerter Sofortimplantation und Rekonstruktion der fazialen Knochenlamelle wurde unmittelbar eine provisorische Krone zur Sofortversorgung eingegliedert.  
**Figure 2b** After early implant placement and reconstruction of the facial lamella a temporary crown was delivered immediately for immediate restoration.



**Abbildung 2c** Definitive Keramikverblendkrone (ZTM Ernst Hegenbarth, Bruchköbel) 26 Monate postoperativ. Das faciale Weichgewebesniveaue, die Papillen und das Jugulum konnten vollständig rekonstruiert werden.  
**Figure 2c** Final PFM crown (dental technician Ernst Hegenbarth, Bruchköbel) at 26 months post-op. It was possible to reconstruct the facial soft tissue level, papillas and alveolar process completely.



**Abbildung 2d** Die radiologische Kontrolle nach 26 Monaten zeigt die vollständige Osseointegration des NobelPerfect Implantates und ein marginales Knochenniveau koronal des ersten Gewindenganges.  
**Figure 2d** Radiological outcome at 26 months post-op shows complete osseointegration of the NobelPerfect implant and a marginal bone level coronal to the first thread.

## Diskussion

Die Nachuntersuchung der beschriebenen Patienten zeigt die klinische Anwendbarkeit einer lappenfreien verzögerten Sofortimplantations- und Augmentationstechnik auch bei vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle aufgrund einer Wurzellängsfraktur als Alternative zu der in dieser Indikation üblichen zeitlich verzögerten zweizeitigen Therapie nach Kammaugmentation. Obwohl diese fazialen Knochendefekte ein häufiges Problem in der dentalen Implantologie darstellen, ist die Behandlung dieser kritischen Situation auch im Rahmen der empfohlenen zweizeitigen Therapie eine Herausforderung – insbesondere in der ästhetischen Zone – geblieben.

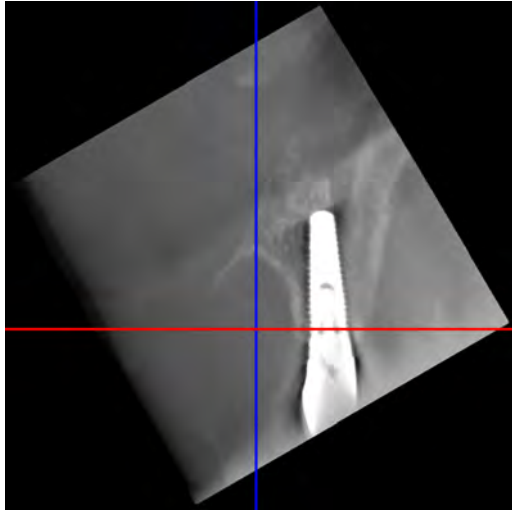
Aufgrund der Beschränkung auf Wurzellängsfrakturen als Ursache für den Zahnverlust und auf eine verzögerte Implantationstechnik besteht diese Falldarstellung nur aus der begrenz-

## Discussion

Follow-up of the described patients shows the clinical applicability of flapless early implantation and augmentation even when there is total loss of the facial bone lamella due to long-axis root fracture, as an alternative to the delayed two-stage therapy after ridge augmentation usual in this indication. Although these facial bone defects are a frequent problem in implant dentistry, treatment of this critical situation even as part of the recommended two-stage therapy remains a challenge, especially in the esthetic area.

Because of the restriction to long-axis root fractures as the reason for the tooth loss and the early implant insertion technique, this case report consists of only three cases. In the cases presented here, the teeth had to be extracted prior to implant insertion because of acute putrid periradicular periodontitis in





**Abbildung 2e** Die sagittale Rekonstruktion eines digitalen Volumentomogrammes zeigt 26 Monate postoperativ die vollständige Wiederherstellung der fazialen Knochenlamelle.

**Figure 2e** At 26 months post-op the sagittal reconstruction of a cone beam computed tomography shows the complete reconstitution of the facial bony lamella.

ten Anzahl von drei Fällen. Aufgrund einer akuten putriden Infektion einer periradikulären Parodontitis mussten in den hier dargestellten Fällen die Zähne vor der Implantation entfernt werden, um Schmerzfreiheit und Remission der Infektion herzustellen. Eine Gruppe von 18 Fällen mit vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle nach Wurzellängsfraktur und unmittelbarer Sofortimplantation wurde in einer retrospektiven Studie untersucht [40]. Es fand sich eine Erfolgswahrscheinlichkeit nach den Erfolgskriterien nach *Buser* von 94 % mit einem marginalen Knochenniveau von 1 bis 1,3 mm oberhalb des ersten Gewindeganges und einem mittleren PES von 12,5 nach einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 22 Monaten. Dadurch ist die prinzipielle Eignung der Methode an einer ausreichend großen Gruppe dargestellt.

Eine Literaturanalyse zeigt, dass die Überlebensrate von sofortbelasteten Einzelimplantaten nach zwölf Monaten im Oberkieferfrontzahnbereich mit bis zu 81,2 % verglichen mit allen anderen Bereichen des Kiefers mit über 95 % am niedrigsten ist [38]. *Chen* und *Buser* berichten in einem Literaturreview über Überlebensraten von Sofortimplantaten und verzögerten Sofortimplantaten von über 95 %, unterscheiden hierbei aber nicht die Art der provisorischen Versorgung und die Methode der Einheilung [12]. Drei Studien verglichen die Erfolgswahrscheinlichkeit von Sofort- und verzögerter Sofortimplantation und kamen zu ähnlichen Überlebenswahrscheinlichkeiten für beide Implantationszeitpunkte [43, 44, 56].

Literatur von großen Studiengruppen zu Sofortimplantation bzw. verzögerter Sofortimplantation und Sofortversorgung von Einzelimplantaten im Frontzahnbereich in Verbindung mit simultaner Kammaugmentation ist nicht vorhanden.

Obwohl alle Patienten, die in dieser Falluntersuchung behandelt wurden, ausgedehnte Defekte der fazialen Knochenlamelle aufwiesen, waren die klinischen Ergebnisse vergleichbar mit denen für Sofortversorgung von Implantaten mit einer



**Abbildung 3** Definitive Keramikverblendkrone (DV Dental, ZT Christine Dertinger, Ginzheim) 23 Monate postoperativ (Fall 2). Das faziale Weichgewebensniveau, die Papillen und das Jugulum konnten vollständig rekonstruiert werden.

**Figure 3** Final PFM crown (DV Dental, dental technician Christine Dertinger, Ginzheim) at 26 months post-op (case 2). It was possible to reconstruct the facial soft tissue level, papillas and alveolar process completely.

order to ensure freedom from pain and remission of the infection. A group of 18 cases with total loss of the facial bone lamella after long-axis root fracture and immediate implant insertion was investigated in a retrospective study [40]. The success rate according to *Buser's* criteria was 94 % with a marginal bone level of 1 to 1.3 mm coronal to the first thread and an average PES of 12.5 after an average follow-up of 22 months. This shows the suitability of the method in principle in a sufficiently large group.

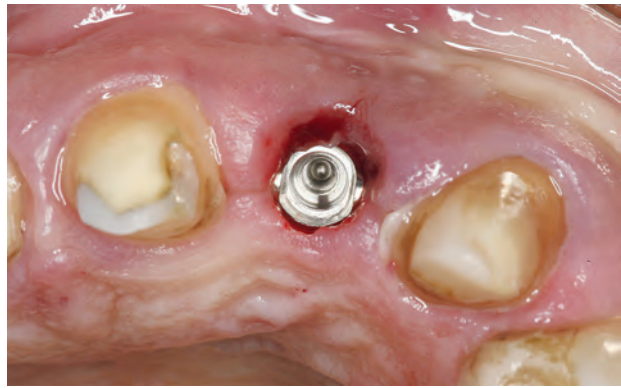
Analysis of the literature shows that the survival rate of immediately loaded single implants in the upper incisor area after twelve months is lowest at 81.2 % compared with over 95 % in all other areas of the jaw [38]. In a literature review *Chen* and *Buser* report survival rates of immediate implants and early implants of over 95 %, but do not distinguish the type of provisionalization and the method of healing [12]. Three studies compared the rate of success of immediate and early implantation and came to similar survival rates for both implantation times [43, 44, 56].

No literature is available from large groups on immediate or early implantation and immediate restoration of single implants in the anterior area with simultaneous ridge augmentation.

Although all the patients treated in this case study had extensive defects of the facial bone lamella, the clinical results were similar to those for immediate provisionalization of implants with a standard platform [20, 21, 23, 57, 26, 30] or NobelPerfect implants [39, 25, 31, 41, 47] when the bone situation was favorable. The inflammation-free healing of all implants, the stable marginal bone level and the very good esthetics confirm the principle of the delayed flapless immediate implantation and immediate augmentation method when there is total loss of the facial bone lamella with simultaneous



**Abbildung 4a** Klinische Ausgangssituation vier Wochen nach Zahnentfernung und provisorischer Brückenversorgung. Durch den Verlust der fazialen Lamelle kam es bereits zum alveolären Kollaps mit Verlust an Papillen- und fazialer Weichgewebshöhe.  
**Figure 4a** Initial clinical aspect 4 weeks after extraction of a central incisor and delivery of a temporary bridge. Loss of the facial lamella has already led to alveolar collapse with loss of papilla and facial soft tissue height.



**Abbildung 4b** Verzögerte lappenfreie Sofortimplantation und Rekonstruktion der fazialen Knochenlamelle mit autologen Knochenspänen aus dem Kieferwinkel.  
**Figure 4b** Early flapless implant placement and reconstruction of the facial bony lamella with autogenous bone chips from the ramus.



**Abbildung 4c** Nach verzögerter Sofortimplantation und Rekonstruktion der fazialen Knochenlamelle wurde unmittelbar die implantatprovisorische Sofortversorgung in ein Brückenprovisorium der Nachbarzähne integriert.  
**Figure 4c** Immediately after early implant placement and reconstruction of the facial bony lamella the temporary restoration of the implant was integrated in a temporary bridge of the adjacent teeth.



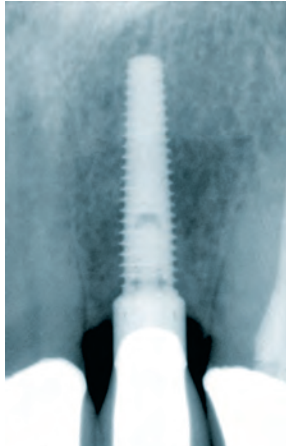
**Abbildung 4d** Definitive Keramikverblendkrone (ZTM Rainer Schmidt, Opfenbach) 24 Monate postoperativ. Das faziale Weichgewebsniveau, die Papillen und das Jugulum konnten vollständig rekonstruiert werden.  
**Figure 4d** Final PFM crown (dental technician Rainer Schmidt, Opfenbach) at 24 months post-op. It was possible to reconstruct the facial soft tissue level, papillas and alveolar process completely.

Standardplattform [20, 21, 23, 57, 26, 30] oder NobelPerfect Implantaten [39, 25, 31, 41, 47] bei günstigen Knochensituationen. Die reizlose Einheilung aller Implantate, das stabile marginale Knochenniveau und die sehr guten ästhetischen Ergebnisse belegen das Prinzip der verzögerten lappenfreien Sofortimplantations- und Sofortaugmentationsmethode bei vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle bei gleichzeitiger Ausformung der Weichgewebe mit einer geschienten provisorischen Sofortversorgung.

Zahlreiche Studien haben die Verfahren der Knochenaugmentation und die Knochenregeneration von periimplantären Defekten nach Sofortimplantation und/oder verzögerter Sofortimplantation untersucht. Ein Grossteil dieser Studien nutz-

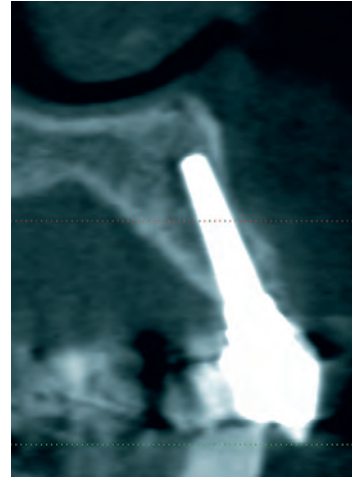
shaping of the soft tissue with splinted immediate provisionalization.

Numerous studies have investigated the method of bone augmentation and bone regeneration of peri-implant defects after immediate implantation and/or early implantation. The majority of these studies used bone substitutes and/or membranes for regeneration of the peri-implant defects. The most frequent augmentation material was BioOss alone or in combination with collagen or Gore-tex-membranes [12]. Literature on the regeneration of peri-implant defects with autogenous bone exclusively is sparse [4, 13, 50]. All studies confirm the effectiveness of the augmentation procedure with regard to regeneration of



**Abbildung 4e** Die radiologische Kontrolle nach 24 Monaten zeigt die vollständige Osseointegration des NobelPerfect Implantates und ein marginales Knochenniveau koronal des ersten Gewindenganges.

**Figure 4e** Radiological outcome at 24 months post-op shows complete osseointegration of the NobelPerfect implant and a marginal bone level coronal to the first thread.



**Abbildung 4f** Die sagittale Rekonstruktion eines digitalen Volumentomogrammes zeigt 24 Monate postoperativ die vollständige Wiederherstellung der fazialen Knochenlamelle.

**Figure 4f** At 24 months post-op the sagittal reconstruction of the cone beam computed tomography demonstrates the complete reconstitution of the facial bony lamella.

te zur Regeneration der periimplantären Defekte Knochenersatzmaterialien und/oder Membranen. Das häufigste Augmentationsmaterial war BioOss alleine oder in Kombination mit Kollagen- oder Gore-tex-Membranen [12]. Literatur zu Regeneration periimplantärer Defekte mit ausschließlich autologem Knochen ist nur spärlich vorhanden [4, 13, 50]. Alle Studien belegen die Effektivität der Augmentationsverfahren bezüglich Regeneration der periimplantären Defekte sowohl mit Sofort- als auch mit verzögerter Sofortimplantation. In keiner Studie wurde allerdings simultan zur Knochenaugmentation eine provisorische Sofortversorgung eingegliedert.

Einige Studien haben die grundsätzliche Notwendigkeit eines Knochenersatzmaterials oder einer Membran zur Defektregeneration bei Implantation nach Zahnextraktion in Frage gestellt. Regenerationsergebnisse wurden in Abhängigkeit von der orofazialen Defektgröße dargestellt. Die Kombination von verschiedenen Augmentationsmaterialien und Membranen resultierte in der gleichen Knochenregeneration wie wenn der Defekt nur dem Blutkoagel überlassen wurde [13, 14]. Eine humanhistologische Studie bestätigte, dass eine spontane Knochenregeneration eintritt, wenn die periimplantäre Defektweite nicht mehr als 2 mm groß ist [42]. Im Gegensatz hierzu zeigten zwei Studien, dass sich bei initialen periimplantären Defektgrößen von mehr als 2 mm eine spontane Regeneration der Defekte nicht in allen Fällen einstellte [7, 50]. Schropp et al. zeigten, dass initiale periimplantäre Defekte mit einer Tiefe von 4 bis 5 mm nur in 52 % der Fälle trotz intakter fazialer Knochenlamelle spontan heilten [50]. Da die Literatur zeigt, dass die Voraussagbarkeit der spontanen Regeneration bei orofazialen und vertikalen Defekten grösser 2 mm deutlich eingeschränkt ist, wurden in der vorliegenden Untersuchung alle Defekte bei vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle mit autologen Knochenspänen augmentiert. Auf die Insertion einer Membran wurde bewusst verzichtet.

Neuere klinische und experimentelle Studien konnten zeigen, dass die Heilung von Extraktionsalveolen mit Knochenregeneration innerhalb der Alveole und externen Dimensionsveränderungen durch Knochenresorption und -remodeling einhergeht [1, 9, 22]. Weiter konnte gezeigt werden, dass auch die Implantation in Extraktionsalveolen ohne Augmentation die resorptiven Prozesse und das Knochenremodeling nicht verhindern kann [2, 3]. Es kam zur Reduktion der orofazialen

the peri-implant defects with both immediate and early implant insertion. However, immediate provisionalization at the same time as bone augmentation was not included in any of the studies.

A few studies have queried the fundamental necessity for a bone substitute or membrane for defect regeneration when implant insertion is performed after tooth extraction. Regeneration results were presented depending on the orofacial defect size. The combination of different augmentation materials and membranes resulted in the same bone regeneration as when the defect was filled with blood clot only [13, 14]. A human histology study confirmed that spontaneous bone regeneration occurs when the width of the peri-implant defect is no greater than 2 mm [42]. In contrast, two studies showed that when the size of the initial peri-implant defect was more than 2 mm spontaneous regeneration of the defects did not occur in all cases [7, 50]. Schropp et al. showed that initial peri-implant defects with a depth of 4 to 5 mm healed spontaneously in only 52 % of cases despite an intact facial bone lamella [50]. Since the literature shows that the predictability of spontaneous regeneration is markedly limited in the case of orofacial and vertical defects greater than 2 mm, all defects with total loss of the facial bone lamella were augmented with autogenous bone chips in the present study. Insertion of a membrane was omitted deliberately.

Recent clinical and experimental studies have shown that healing of extraction sockets is associated with bone regeneration inside the socket and changes in external dimensions due to bone resorption and remodeling [1, 9, 22]. It has also been shown that implant insertion in extraction sockets without augmentation cannot prevent the resorptive processes and bone remodeling [2, 3]. There was a reduction in the orofacial ridge width and a loss of ridge height predominantly on the facial side [7, 16].

A study of different augmentation techniques with immediate implantation showed that although the defect filling was similar, dehiscence defects demonstrated greater horizontal resorption than intact sockets [13]. In another study by the same authors, significantly less horizontal resorption of the facial bone occurred when the peri-implant defects were augmented with BioOss compared with the unaugmented control group [14]. In their review of the literature, Chen and Buser



Kammbreite und zum Höhenverlust des Kammes vorrangig an der fazialen Fläche [7, 16].

Eine Studie mit verschiedenen Augmentationstechniken bei Sofortimplantation zeigte, dass, obwohl die Defektfüllung ähnlich war, Dehiszenzdefekte eine größere horizontale Resorption als intakte Alveolen aufwiesen [13]. In einer weiteren Studie derselben Autoren trat signifikant weniger horizontale Resorption des fazialen Knochens auf, wenn die periimplantären Defekte mit BioOss im Vergleich zur nicht augmentierten Kontrollgruppe augmentiert wurden [14]. *Chen* und *Buser* kommen in ihrem Literaturreview zu dem Schluss, dass Knochenaugmentation im Rahmen der Sofortimplantation die horizontale Resorption reduziert. Dennoch scheinen diese Augmentationstechniken die vertikale Resorption des fazialen Knochens nicht zu beeinflussen [12]. In der vorliegenden Untersuchung war es bei vollständigem Verlust der fazialen Knochenlamelle bereits zu einem alveolären Kollaps der fazialen Strukturen gekommen. Durch die Augmentation im Rahmen der verzögerten Sofortimplantation konnte dieser verloren gegangene Knochen wiederhergestellt werden. Dennoch konnte die natürliche Ausprägung des Jugulums nicht vollständig rekonstruiert werden, was sich in der postoperativen PES-Variable zur Ausprägung des Jugulums von 1,33 (von 2 möglichen Punkten) ausdrückt. Die Ergebnisse unserer Studie zu Sofortimplantation mit Kammaugmentation bei Verlust der fazialen Knochenlamelle zeigen die Reduktion der PES Variable für die Ausprägung des Jugulums von präoperativ 1,9 zu postoperativ 1,6 und stehen im Einklang mit der Aussage der Literatur, dass faziale Knochenresorption verringert, aber nicht vollständig verhindert werden kann [40].

Der Verlust einer oder mehrerer Knochenlamellen nach Zahnextraktion ist ein häufiges Problem [61]. Mehrere Studien haben über Behandlungsergebnisse nach Sofort- oder verzögerter Sofortimplantation bei Dehiszenzen der fazialen Knochenlamellen berichtet [13, 14, 20, 35, 50]. Trotz ähnlicher Defektregeneration wie bei intakten Alveolen wurde bei Dehiszenzdefekten trotz Augmentation eine größere horizontale Resorption festgestellt [13, 14]. Regeneration der fazialen Defekte konnte mit Augmentation mit DFDBA mit und ohne Gore-Tex-Membran [20] oder BioOss mit Kollagenmembran [34, 35] und gedeckter Einheilung erreicht werden. *Chen* und *Buser* kommen in einem Literaturreview zu dem Schluss, dass Knochenaugmentationen im Rahmen von verzögerten Sofortimplantationen bzw. Sofortimplantationen bei beschädigter fazialer Knochenlamelle effektiv sind [12], obwohl eine größere faziale Resorption in dieser Situation aufzutreten scheint. Eine neuere Studie berichtet über eine höhere Inzidenz von fazialen Rezessionen bei Sofortimplantation und fazialen Defekten trotz Augmentation mit BioOss und Kollagenmembran [27]. Dieses Ergebnis steht im deutlichen Widerspruch zu den unseren positiven Untersuchungsergebnissen bezüglich der Höhe der marginalen Gingivakontur. So hat sich die PES-Variable für die Höhe der fazialen marginalen Gingivahöhe bei Sofortimplantation, Verlust der fazialen Knochenlamelle und Kammaugmentation mit autologem Knochen von prä- nach postoperativ nicht verändert (1,7 von 2 möglichen Punkten) [40]. In der vorliegenden Untersuchung wurde trotz präoperativ ausgeprägten fazialen Defekten durch Verlust der fazialen Knochenlamelle mit verzögerter Sofortimplantation und Kammaugmentation mit autologem Knochen der günstige Wert von 1,66 für die PES-Variable für die Höhe der fazialen Gingiva erreicht. Keine der früheren Studien

come to the conclusion that bone augmentation during implantation reduces horizontal resorption. Nevertheless, these augmentation techniques do not appear to influence the vertical resorption of the facial bone [12]. In the present study, alveolar collapse of the facial structures had already occur with the total loss of the facial bone lamella. This lost bone was restored by augmentation at the time of early implant insertion. The natural shape of the ridge could nevertheless not be reconstructed completely, which was apparent in the postoperative PES score of 1.33 (out of a possible 2 points) in the variable of contour of the alveolar process. The results of our study of immediate implant insertion with ridge augmentation with loss of the facial bone lamella show a reduction in the PES variable for contour of the alveolar process from 1.9 preoperatively to 1.6 postoperatively and are in line with the conclusion in the literature that facial bone resorption can be diminished but not completely prevented [40].

The loss of one or more bone lamellas after tooth extraction is a common problem [61]. Several studies have reported treatment outcomes after immediate or early implantation when there is dehiscence of the facial bone lamella [13, 14, 20, 35, 50]. Despite similar defect regeneration as in intact sockets, greater horizontal resorption was found with dehiscence defects in spite of augmentation [13, 14]. Regeneration of the facial defects could be achieved with augmentation with DFDBA with and without a Gore-Tex-membrane [20] or BioOss with a collagen membrane [34, 35] and submerged healing. In a literature review, *Chen* and *Buser* come to the conclusion that bone augmentation at the time of early implant insertion or immediate implant insertion is effective when the facial bone lamella is damaged [12], although greater facial resorption appears to occur in this situation. A more recent study reports a greater incidence of facial recessions with immediate implant insertion and facial defects despite augmentation with BioOss and collagen membrane [27]. This result is in marked contrast to our positive results with regard to the height of the marginal gingival contour. The PES variable of height of the facial marginal gingival height did not change from pre- to postoperative (1.7 out of 2 possible points) with immediate implantation, loss of the facial bone lamella and grafting with autogenous bone [40]. In the present study despite marked preoperative facial defects due to loss of the facial bone lamella, the good score of 1.66 was obtained for the PES variable, height of the facial gingiva, with early implant insertion and grafting with autogenous bone. None of the earlier studies investigated immediate provisionalization as a part of crest augmentation in cases involving facial bone defects.

Different studies have investigated the bone regeneration outcome depending on the time of implant insertion [15, 34–37, 50, 61]. They showed clearly that bone regeneration procedures are more successful in combination with immediate and early implant insertion than with late implant insertion. There is some evidence in the aforementioned studies that bone regeneration in the case of dehiscence defects leads to better results in combination with early implant insertion than with immediate implant insertion. In contrast, when sockets were intact, immediate and early implant insertion achieved similar results with regard to regeneration of the peri-implant defect. However, BioOss was used as augmentation material in four of the aforementioned studies, no material was

hat die Sofortversorgung in Rahmen der Kammaugmentation bei fazialen Knochendefekten untersucht.

Verschiedene Studien haben das Knochenregenerationsergebnis in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Implantatinsertion untersucht [15, 34–37, 50, 61]. Sie konnten eindeutig belegen, dass Knochenregenerationsverfahren erfolgreicher in Verbindung mit Sofort- und verzögerter Sofortimplantation als mit Spätimplantation sind. Einiges spricht in oben genannten Studien dafür, dass Knochenregeneration bei Dehiszenzdefekten in Verbindung mit verzögerter Sofortimplantation zu besseren Ergebnissen als mit Sofortimplantation führt. Bei intakten Alveolen hingegen erreichten Sofort- und verzögerte Sofortimplantation ähnliche Ergebnisse bezüglich der Regeneration des periimplantären Defektes. In vier der o. g. Studien wurde allerdings Bio-Oss, in einer Studie kein Material und nur in einer Studie autologer Knochen als Augmentationsmaterial verwendet. In allen o. g. Studien wurde eine gedeckte Einheilung ausgewählt. Vergleicht man die Ergebnisse unserer Untersuchungen zur Sofort- und verzögerten Sofortimplantation bei ausgeprägten fazialen Knochendefekten, simultaner Knochengenaugmentation und provisorischer Sofortversorgung kann man sowohl bezüglich des marginalen Knochenniveaus (durchschnittliches marginales Knochenniveau bei verzögerter Sofortimplantation 1,75 mm, bei Sofortimplantation 1,15 mm koronal des ersten Gewindenganges) als auch bezüglich der Regeneration der fazialen Knochenlamelle (radiologischer Nachweis in 100 % bei verzögerter Sofortimplantation zu 75 % bei Sofortimplantation) Vorteile zugunsten der verzögerten Sofortimplantation feststellen. Dennoch sind Studien mit größeren Fallzahlen erforderlich, um diesen Zusammenhang zu belegen. Vergleicht man die Ergebnisse der o. g. Untersuchungen könnte man auch vermuten, dass – wie traditionell gefordert – das initiale Abheilen des Weichgewebes und das Abklingen der Infektion sich positiv auf die Überlebensrate (100 % bei verzögerter Sofortimplantation, 94 % bei Sofortimplantation) und den PES (13 bei verzögerter Sofortimplantation, 12,5 bei Sofortimplantation) auswirkt. Der Vergleich der Variable des PES für die Höhe des fazialen marginalen Weichgewebes zeigt in o. g. Studien keinen signifikanten Unterschied zwischen Sofort- und verzögerter Sofortimplantation (Sofortimplantation vs. verzögerter Sofortimplantation, PES 1,7 vs. 1,66), was im Widerspruch zur aktuellen Literatur steht [12].

Da eine hochgradige und längerfristig durch die Einheilzeit entstehende Primärstabilität einer der Grundpfeiler der provisorischen Sofortversorgung ist, wurden Implantate mit 16 mm Länge eingesetzt. Hierdurch war es möglich, koronal der Knochendefekte Verankerung im Knochen und Primärstabilität von mindestens 35 Ncm zu erzielen. Zur Vermeidung parafunktioneller Belastung wurde die provisorische Sofortversorgung an den Nachbarzähnen temporär geschient, um die Verankerung zu sichern und die einwirkenden Kräfte auf den umliegenden Knochen zu verteilen [6].

Eine kontrollierte klinische Studie verglich die Sofortimplantation in Alveolen mit und ohne apikaler Pathologie und kam in beiden Gruppen nach zwölf Monaten zu einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 100 % [52]. In einer Pilotstudie von Villa et Rangert konnte bei 76 Sofortimplantaten in durch parodontale oder endodontische Probleme (einschließlich Wurzellängsfrakturen) infizierte Alveolen von Oberkieferzähnen und Sofortversorgung nach einer Nachuntersuchungzeit von zwölf Monaten eine Erfolgswahrscheinlichkeit von

used in one and autogenous bone was used in only one study. In all of these studies, submerged healing was chosen. If the results of our studies of immediate and early implant insertion in the presence of marked facial bone defects with simultaneous bone augmentation and immediate provisionalization are compared, advantages can be found in favor of early implant insertion both with regard to the marginal bone level (average marginal bone level coronal to the first thread 1.75 mm with early implant insertion and 1.15 mm with immediate implant insertion) and also with regard to regeneration of the facial bone lamella (radiographic evidence in 100 % with early implant insertion compared with 75 % with immediate implant insertion). Nevertheless, studies with greater case numbers are required to confirm this association. If the results of the above studies are compared, it could be suspected that, as traditionally promoted, the initial healing of the soft tissue and subsidence of the infection have a positive effect on the survival rate (100 % with early implant insertion, 94 % with immediate implant insertion) and PES (13 with early implant insertion, 12.5 with immediate implant insertion). Comparison of the PES variable of height of the facial marginal soft tissue does not show any difference in the aforementioned studies between immediate and early implant insertion (immediate implant insertion vs. early implant insertion, PES 1.7 vs. 1.66), which conflicts with the recent literature [12].

Since a high and prolonged degree of primary stability arising from the healing period is one of the cornerstones of immediate provisionalization, implants 16 mm in length were placed. This made it possible to achieve fixation in bone coronal to the bone defects and primary stability of at least 35 Ncm. To avoid parafunctional loading, the provisional crown was splinted temporarily at the adjacent teeth to ensure fixation and distribute the acting forces on the surrounding bone [6].

One controlled clinical study compared immediate implantation in sockets with and without apical pathology and achieved a survival rate of 100 % in both groups after twelve months [52]. In a pilot study by Villa and Rangert a success rate of 97.4 % was demonstrated in 78 immediate implants in maxillary sockets infected by periodontal or endodontic problems (including long-axis root fractures) with immediate provisionalization after a follow-up period of twelve months; marginal bone resorption was less than 1 mm and there were no signs of infection [55].

Despite the promising results with regard to bone reconstruction and preservation of the soft tissue architecture, implant-supported single tooth replacement in the esthetic area remains a difficult undertaking, especially when the alveolar bone has been lost due to inflammatory resorption. Success is probably multifactorial, depending on implant positioning, a minimally invasive procedure, preservation of the blood supply and choice of the bone (substitute) material, and certainly also on the clinician's care and experience in implant dentistry.

## Summary

The clinical success of the three presented cases confirms the essential suitability of the principle of flapless early implant insertion with simultaneous bone augmentation and immediate



97,4 %, ein marginaler Knochenabbau unter 1 mm und keine Anzeichen einer Infektion nachgewiesen werden [55].

Trotz der erfolgsversprechenden Ergebnisse bezüglich Knochenrekonstruktion und Erhalt der Weichgewebsarchitektur, bleibt implantatgestützter Einzelzahnersatz in der ästhetischen Zone – insbesondere wenn der Alveolarknochen durch entzündliche Resorption verloren gegangen war – ein diffiziles Unterfangen, dessen Erfolg wahrscheinlich multifaktoriell von Implantatplatzierung, minimalinvasivem Vorgehen, Erhalt der Blutversorgung und Wahl des Knochen(ersatz)materials und sicher auch von der implantologischen Erfahrung und Sorgfalt des Behandlers abhängt.

## Zusammenfassung

Der klinische Erfolg der drei vorgestellten Fälle belegt auch unter dem Aspekt des marginalen Knochenniveaus und der ästhetischen Ergebnisse die grundsätzliche Eignung des Prinzips einer lappenfreien Technik der verzögerten Sofortimplantation mit simultaner Knochenaugmentation und gleichzeitiger provisorischer Sofortversorgung auch bei vollständigem Verlust der facia- len Knochenlamelle. Aufgrund des hohen logistischen Aufwands und vor allem operationstechnischen Anspruchs kann diese Technik aber nicht generell als Alternative zum zweizeitigen Vorgehen empfohlen werden, wobei dieses für den Patient mit einem deutlichen Mehraufwand an Zeit, Anzahl der operativen Eingriffe und Unannehmlichkeiten verbunden ist.

**Interessenskonflikt:** Diese Untersuchung wurde von Nobel Biocare gefördert.

provisionalization even with total loss of the facial bone lamella from the aspect of the marginal bone level and the esthetics. Because of the high logistical cost and technical surgical demand, however, this technique cannot be generally recommended as an alternative to the two-stage procedure, though for the patient the latter involves much more time, a greater number of surgical procedures and greater inconvenience.

**Conflict of interests:** This study was supported by Nobel Biocare.

### Korrespondenzadresse:

Dr. med. dent. Robert Nölken  
Paradiesplatz 7-13  
D-88131 Lindau / Bodensee  
Deutschland  
Tel. +49 8382 944030  
Fax +49 8382 944031  
E-Mail: praxis@dr-noelken.de

## Literatur

1. Araujo MG, Lindhe J: Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212–218
2. Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J: Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32: 645–652
3. Araujo MG, Wennstrom JL, Lindhe J: Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:606–614
4. Becker W, Becker BE, Polizzi G, Bergström C: Autogenous bone grafting of defects adjacent to implants placed into immediate extraction sockets in patients: A prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:389–396
5. Becker W, Ochsenbein C, Tibetts L, Becker BE: Alveolar bone anatomic profiles as measured from dry skulls. *Clinical ramifications.* *J Clin Periodontol* 1997;24:727–731
6. Bergkvist G, Simonsson K, Rydberg K, Johansson F: A finite element analysis of stress distribution in bone tissue surrounding uncoupled or splinted dental implants. *Clin Impl Dent Relat Res* 2008;10:40–46
7. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J: Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004; 31:820–828
8. Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, Behneke N, Hirt HP, Belser UC, Lang NP: Long-term evaluation of non-submerged ITI implants, part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:161–172
9. Camargo PM, Lekovic V, Weinlaender M, et al.: Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90:581–586
10. Cardaropoli G, Araujo M, Havacibara R, Sukekava F, Lindhe J: Healing of extraction sockets and surgically produced – augmented and non-augmented – defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:435–440
11. Carlsson GE, Bergman B, Headgard B: Changes in contour of the maxillary alveolar process under immediate dentures. A longitudinal clinical and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Acta Odontol Scand* 1967;25:45–75
12. Chen ST, Buser D: Clinical and esthetic outcomes of implants placed in post-extraction sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24 (Suppl):186–217
13. Chen ST, Darby IB, Adams GG, Reynolds EC: A prospective clinical study of bone augmentation techniques at immediate implants. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:176–184
14. Chen ST, Darby IB, Reynolds EC: A prospective clinical study of non-submerged immediate implants: clinical outcomes and esthetic results. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:552–562
15. Covani U, Bortolaia C, Barone A, Sbordone L: Bucco-lingual crestal bone changes after immediate and delayed implant placement. *J Periodontol* 2004;75:1605–1612
16. Covani U, Cornellini R, Barone A: Vertical crestal bone changes around implants placed into fresh extraction sockets. *J Periodontol* 2007;78:810–815

17. Evans CJD, Chen SF Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:73–80
18. Evian CI, Al-Maseeh J, Symeonides E: Soft tissue augmentation for implant dentistry. *Compend Contin Educ Dent* 2003;24:195–206
19. Fürhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G: Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns - the Pink Esthetic Score. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16:639–644
20. Gelb D: Immediate implant surgery: Three-year retrospective evaluation of 50 consecutive cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:388–399
21. Hui E, Chow J, Li D, Liu J, Wei P, Law H: Immediate provisional for single-tooth implant replacement with Brånemark System: Preliminary report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001;3:79–86
22. Iasella JM, Greenwell H, Miller RL, et al.: Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant sites development: A clinical and histologic study in humans. *J Periodontol* 2003;74:990–999
23. Kan JYK, Rungcharassaeng K: Immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: A surgical and prosthodontic rationale. *Pract Periodontics Aesthetic Dent* 2000;12:817–824
24. Kan JYK, Rungcharassaeng K: Site development for anterior implant esthetics: The dentulous site. *Compend Contin Educ Dent* 2001;22:221–232
25. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Liddel G, Henry P, Goodacre CJ: Periimplant tissue response following immediate provisional restoration of scalloped implants in the esthetic zone: A one-year pilot prospective multicenter study. *J Prosthet Dent* 2007;97:109–118
26. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Lozada J: Immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: 1-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18: 31–39
27. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Sclar A, Lozada JL: Effects of the facial osseous defect morphology on gingival dynamics after immediate tooth replacement and guided bone regeneration: 1-year results. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65 (Suppl):13–19
28. Keith JD Jr, Salama MA: Ridge preservation and augmentation using regenerative materials to enhance implant predictability and esthetics. *Compend Contin Educ Dent* 2007;28:614–621
29. Ko CC, Douglas WH, DeLong R, Rohrre MD, Swift JQ, Hodges JS, An KN, Ritman EL: Effects of implant healing time on crestal bone loss of a controlled-load dental implant. *J Dent Res* 2003; 92:585–591
30. Lazzara RJ: Immediate implant placement into extraction sites: Surgical and restorative advantages. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9:332–343
31. McAllister BS: Scalloped implant designs enhance interproximal bone levels: *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:9–15
32. Milot P, Stein RS: Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown design. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 428–435
33. Mühlemann HR, Son S: Gingival sulcus bleeding – a leading symptom in initial gingivitis. *Helv Odontol Acta* 1971;15: 107–113
34. Nemcovsky CE, Artzi Z, Moses O: Rotated split palatal flap for soft tissue primary coverage over extraction sites with immediate implant placement. Description of the surgical procedure and clinical results. *J Periodontol* 1999; 70:926–934
35. Nemcovsky CE, Artzi Z, Moses O, Gelernter I: Healing of dehiscence defects at delayed-immediate implant sites primarily closed by a rotated palatal flap following extraction. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:550–558
36. Nemcovsky CE, Artzi Z, Moses O, Gelernter I: Healing of marginal defects at implants placed in fresh extraction sockets or after 4–6 weeks of healing. A comparative study. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:410–419
37. Nemcovsky CE, Artzi Z: Comparative study of buccal dehiscence defects in immediate, delayed, and late maxillary implant placement with collagen membranes: Clinical healing between placement and second-stage surgery. *J Periodontol* 2002;73:754–761
38. Nkenke E, Schliephake H: Sofortbelastung und Sofortversorgung von Implantaten: Indikation und Überlebensraten. *Z Zahnärztl Impl* 2009;25: 151–159
39. Nölken R, Morbach T, Kunkel M, Wagner W: Immediate function with NobelPerfect implants in the anterior dental arch. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:276–285
40. Nölken R, Kunkel M, Wagner W: Immediate implant placement and provisionalization after long axis root fracture and complete loss of the facial bony lamella. Accepted for publication in *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010
41. Nowzari H, Chee W, Yi K, Pak M, Ho Chung W, Rich S: Scalloped dental implants: a retrospective analysis of radiographic and clinical outcomes of 17 NobelPerfect™ implants in 6 patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006;8: 1–10
42. Paolantonio M, Dolci M, Scarano A, et al.: Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. *J Periodontol* 2001;72:1560–1571
43. Perry J, Lenchewski E: Clinical performance and 5-year retrospective evaluation of Frialit-2 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:887–891
44. Polizzi G, Grunder U, Goene R, et al.: Immediate and delayed implant placement into extraction sockets: A 5-year report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:93–99
45. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH: Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endodon* 1989;15:512–516
46. Ricucci D, Bergenholtz G: Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries – a histobacteriological study of treated cases. *Int Endod J* 2003;36:787–802
47. Rocci A, Gottlow J: Esthetic outcome of immediately loaded scalloped implants placed in extraction sites using flapless surgery. A 6 months report of 4 cases. *J Appl Osseo Res* 2004;4:55–62
48. Salama H, Salama MA, Garber DA, Adar P: Developing optimal peri-implant papillae within the esthetic zone: Guided soft tissue augmentation. *J Esthetic Dent* 1995;7:125–129
49. Salama H, Salama MA, Garber D, Adar P: The interproximal height of bone: A guidepost to predictable esthetic strategies and soft tissue contours in anterior tooth replacement. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998;10:1131–1141
50. Schropp L, Kostopoulos L, Wenzel A: Bone healing following immediate versus delayed placement of titanium implants into extraction sockets: A prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:189–199
51. Schulte W, Heimke G: Das Tübinger Sofortimplantat. *Quintessenz* 1976;27: 17–23
52. Siegenthaler DW, Jung RE, Holderegger C, Roos M, Hammerle CH: Replacement of teeth exhibiting periapical pathology by immediate implants. A prospective, controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18: 727–737
53. Spear FM: Maintenance of the interdental papilla following anterior tooth removal. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1999; 11: 21–28
54. Tarnow DJ, Wagner 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
55. Villa R, Rangert B: Immediate and early function of implants placed in extraction sockets of maxillary infected teeth: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2007;97 (Suppl):96–108

56. Watzek G, Haider R, Mensdorff-Pouilly N, Haas R: Immediate and delayed implantation for complete restoration of the jaw following extraction of all residual teeth: A retrospective study comparing different types of serial immediate implantation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:561–567
57. Wöhrle PS: Single-tooth replacement in the aesthetic zone with immediate provisionalization: fourteen consecutive case reports. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998;10:1107–1114
58. Wöhrle PS: NobelPerfect esthetic scalloped implant: rationale for a new design. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5 (Suppl 1):64–73
59. Zhi-Yue et Yu-Xing Z: Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent* 2003;89:368–373
60. Zitzmann NU, Naef R, Schärer P: Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:844–852
61. Zitzmann NU, Schärer P, Marinello CP: Factors influencing the success of GBR. Smoking, timing of implant placement, implant location, bone quality, and provisional restoration. *J Clin Periodontol* 1999;26:673–682