

Persönliche PDF-Datei für F. Amato, D. Mirabella, U. Macca, D. P. Tarnow

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

www.thieme.de

Augmentation des Implantatlagers durch forcier- te orthodontische Extrusion

DOI 10.1055/s-0034-1382046
Inf Orthod Kieferorthop 2014; 46: 71–80

Nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt.
Keine kommerzielle Nutzung, keine Einstellung
in Repositorien.

Verlag und Copyright:
© 2014 by
Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
70469 Stuttgart
ISSN 0020-0336

Nachdruck nur
mit Genehmigung
des Verlags

 **Thieme**

Augmentation des Implantatlagers durch forcierte orthodontische Extrusion*

Implant Site Development by Orthodontic Forced Extraction

Autoren

F. Amato¹, D. Mirabella², U. Macca³, D. P. Tarnow⁴

Institute

¹ Private Practice, Catania, Italy

² Adjunct Professor, Department of Orthodontics, University of Ferrara, Italy

³ Private Practice, Siracusa, Italy

⁴ Clinical Professor and Director of Implant Education, Columbia University College of Dental Medicine, New York, USA

Schlüsselwörter

- Knochenaugmentation
- forcierte Eruption
- Gingivaaugmentation
- Implantatbettaugmentation
- forcierte orthodontische Extrusion
- orthodontische Implantatbettaugmentation

Key words

- bone augmentation
- forced eruption
- gingiva augmentation
- implant site development
- orthodontic extrusion
- orthodontic implant site development (OISD)

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1382046>
 Inf Orthod Kieferorthop 2014; 46: 71–80
 © Georg Thieme Verlag KG
 Stuttgart · New York
 ISSN 0020-0336

Korrespondenzadresse

Dr. Francesco Amato
 Viale A. De Gasperi 187
 I-Catania
 Italien
 Tel.: +39/095388585
 Fax: +39/095388585
 dr.amatofrancesco@libero.it

Zusammenfassung

Ziel: Beurteilung der Reaktion von Hart- und Weichgeweben auf eine orthodontische Implantatbettaugmentation (d.h. orthodontische Extrusion), Bestimmung der Menge des neu gebildeten Gewebes und der Beziehung zur Extrusionsstrecke, Untersuchung der Gewebereaktionen bei Zähnen mit unterschiedlich starkem Verlust an parodontalem Attachment, Erkennen der Grenzen für eine OISD (orthodontic implant site development), Ermittlung der Erfolgsrate der Implantate.
Material und Methoden: An insgesamt 32 nicht erhaltungswürdigen Zähnen wurde eine OISD durchgeführt und bei 13 Patienten 27 Implantate eingesetzt. Dabei wurden die Höhe des parodontalen Attachments an den zu extrahierenden Zähnen, die Menge an augmentiertem Alveolarknochen, Veränderungen im Volumen der Weichgewebe und das Ausmaß der orthodontischen Zahnbewegung bestimmt.

Ergebnisse: Nach der OISD konnten folgende Mittelwerte bestimmt werden: orthodontische Extrusionsbewegung $6,2 \pm 1,4$ mm; Knochenaugmentation $4 \pm 1,4$ mm; Bewegung des Gingivarrandes nach koronal $3,9 \pm 1,5$ mm; Bewegung der Mukogingivalgrenze nach koronal $3,1 \pm 1,3$ mm; Augmentation der befestigten Gingiva $1,8 \pm 1,1$ mm; Augmentation der Gingivadicke (bukkolingual) $0,7 \pm 0,4$ mm; Rezessionen $1,8 \pm 1,2$ mm; Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und orthodontischer Bewegung (Effizienz) $68,9 \pm 17,3\%$; Verhältnis zwischen Gingivaaugmentation und orthodontischer Bewegung (Effizienz) $65,2 \pm 19,9\%$ und Reduzierung der Taschentiefe $1,8 \pm 0,9$ mm. Die Erfolgsrate für die Implantate betrug $96,3\%$.

Schlussfolgerungen: Die orthodontische Implantatbettaugmentation war ein geeignetes

Abstract

Purpose: To evaluate the soft and hard tissue response to orthodontic implant site development (OISD) (i.e., forced extraction), to measure the amount of tissue that was regenerated and its relationship to the amount of orthodontic vertical tooth movement, to evaluate the tissue response in teeth with different degrees of periodontal attachment loss, to understand the limits of OSID, and to evaluate the implant survival rate.

Materials and Methods: A total of 32 hopeless teeth were treated with OSID, and 27 implants were placed in 13 patients consecutively. The level of periodontal attachment on the teeth to be extracted, amount of augmented alveolar bone, changes in soft tissue volume, and the rate of orthodontic tooth movement were recorded.

Results: Mean values after OSID were as follows: orthodontic exclusive movement, $6,2 \pm 1,4$ mm; bone augmentation, $4 \pm 1,4$ mm, coronal movement of the gingival margin, $3,9 \pm 1,5$ mm; coronal movement of the mucogingival junction, $2,1 \pm 1,3$ mm; keratinized gingival augmentation, $1,8 \pm 1,1$ mm; gingival thickness (buccolingual dimension) augmentation, $0,7 \pm 0,4$ mm; recession, $1,8 \pm 1,2$ mm; bone augmentation/orthodontic movement ratio (efficacy), $68,9 \pm 17,3\%$; gingival augmentation/orthodontic movement ration (efficacy), $65,2 \pm 19,9\%$; and pocket depth reduction, $1,8 \pm 0,9$ mm. The implant survival rate was $96,3\%$.

Conclusions: OISD was a viable treatment for these hopeless teeth to regenerate hard and soft tissues. Its efficacy was about 70% for bone regeneration and 60% for gingival augmentation. The residual attachment level on the tooth was not a limitation. OISD might be a valuable treatment option to regenerate tissues for implant site development in patients in need of conventional orthodontic therapy.

*Dieser Artikel ist im englischen Original bereits erschienen im Int J Oral Maxillofac Implants. 2012; 27: 411–420.

Verfahren zur Regeneration von Gewebe im Bereich dieser nicht erhaltungswürdigen Zähne. Seine Effizienz betrug etwa 70% bei der Regeneration von Knochengewebe und 60% bei der Regeneration von Gingiva. Der Anteil an noch vorhandenem parodontalem Attachment hatte keinen Einfluss. OISD kann eine wichtige Behandlungsoption für eine Implantatbettaugmentation bei Patienten sein, bei denen auch eine konventionelle kieferorthopädische Behandlung erforderlich ist.

Seit sich herausgestellt hat, dass sich die Osseointegration von Zahnimplantaten mit einer Langzeiterfolgsrate von 96% vorherzusagen lässt, stellt implantatgetragener Zahnersatz eine gute Lösung für den Ersatz fehlender Zähne dar [1]. Im Frontzahngelände bestehen jedoch noch gewisse Bedenken hinsichtlich der ästhetischen Ergebnisse. Dies betrifft besonders den Ersatz von Einzelzähnen, bei denen der entsprechende natürliche Zahn auf der Gegenseite ein Spiegelbild der Krone auf dem Implantat darstellt [2]. Eine ganze Reihe von Autoren haben bisher davon berichtet, dass es sehr häufig zu Höhenunterschieden im Verlauf des Gingivasauces zwischen einer implantatgetragenen Zahnkrone und dem kontralateralen natürlichen Zahn kommt [3,4]. In manchen Fällen lässt sich dies auf eine nicht korrekte 3-dimensionale Lage des Implantatkopfes speziell in bukkolingualer Richtung erklären [5]. Häufiger jedoch wird ein solcher Höhenunterschied durch ein Fehlen von Hart- und Weichgewebe verursacht. Man sollte sich darüber im Klaren sein, dass es nach jeder Zahnextraktion zu Umbauvorgängen im Alveolarknochen und den angrenzenden Weichgeweben kommt, wodurch sich das Volumen des Implantatlagers in horizontaler und vertikaler Richtung konsequent verringert [6–8]. Außerdem hat sich gezeigt, dass sich der Abbau des Alveolarknochens auch nicht durch Einsetzen eines Sofortimplantates in eine frische Extraktionsalveole verhindern lässt [9–11], unabhängig davon, ob das Implantat sofort mit einer Krone versorgt wird oder erst einige Zeit später [3, 12, 13].

Da es nach der Extraktion eines Zahnes immer zu einem gewissen Verlust an Alveolarknochen kommt, bei der in der Regel auch die bukkale Seite betroffen ist, ist es von so großer Bedeutung, dass die Höhe des vestibulären Gingivarandes für die spätere Kronenversorgung gesichert wird [7]. Um gute ästhetische Ergebnisse erzielen zu können, wurden bisher unterschiedliche chirurgische Verfahren zur Sicherung und Rekonstruktion von Hart- und Weichgeweben empfohlen bei denen die Ergebnisse jedoch nicht immer vorhersehbar sind [14, 15]. Eine klinische Alternative zu diesen Verfahren stellt die Augmentation der harten und weichen Anteile eines Implantatbettes mithilfe der forcierten orthodontischen Extrusion von Zähnen (orthodontic forced eruption, OFE) oder der Implantatbettaugmentation (orthodontic implant site development, OISD) dar, einem Verfahren, das von Salama u. Salama beschrieben wurde [15].

Im Rahmen einer orthodontischen Therapie lassen sich auch einige klinische Probleme behandeln, die allein durch chirurgische Maßnahmen nicht behoben werden können, wie etwa die mesiodistale Ausdehnung des zahnlosen Bereiches, der Abstand zwischen Zahnwurzeln, die Stellung und die Topografie des Parodonts von lückenbegrenzenden Zähnen und das Okklusionsmuster [17].

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Einschätzung der Reaktion von Hart- und Weichgeweben auf die OISD, die Messung der Menge an regeneriertem Gewebe, die Untersuchung der klinischen Indikation bei unterschiedlich stark ausgeprägtem Ver-

lust an parodontalem Attachment am extrudierten Zahn, ein Erkennen der Grenzen des Verfahrens und die Untersuchung der Erfolgsquote von Implantaten, die in ein mithilfe der OISD augmentiertes Implantatlager eingesetzt worden sind.

Material und Methoden

Zwischen März 2004 und Dezember 2009 wurden Patienten, bei denen eine konventionelle kieferorthopädische Therapie zur Korrektur einer Fehlbisslage und der Ästhetik durchgeführt wurden und gleichzeitig einer oder mehrere Zähne für eine spätere Versorgung mit Implantaten oder Brückengliedern extrahiert werden sollten, in die Studie aufgenommen. Insgesamt wurden bei 13 behandelten Patienten 32 Zähne mithilfe der forcierten orthodontischen Extrusion extrahiert. Davon wurden 27 später durch Implantate und 5 durch Brückenglieder ersetzt. In die Studie wurden Raucher und Nichtraucher aufgenommen, Patienten mit systemischen Erkrankungen jedoch aufgrund von Kontraindikationen für jeden chirurgischen Eingriff ausgeschlossen. Die extrahierten Zähne waren aufgrund von Parodontalerkrankungen, Karies, Kronenfrakturen oder anderen Gründen, die einer Restaurierung im Wege standen, als nicht erhaltungswürdig eingestuft worden.

Eine bereits vorliegende Klassifizierung [16] unterscheidet 3 Kategorien von Knochendefekten. Zu diesem Klassifizierungssystem wurden 2 weitere Kategorien hinzugefügt, um die Reaktion der Hart- und Weichgewebe in unterschiedlichen klinischen Situationen besser untersuchen zu können und ein reproduzierbares standardisiertes klinisches Verfahren zur Verfügung zu haben. Beide Kategorien sind bisher nicht umfassend untersucht worden: Typ I, bei dem kein Knochenverlust feststellbar ist und bei dem die OFE dazu angewandt wurde, das Implantatbett zu überdimensionieren, um die zu erwartenden Remodellierungsvorgänge nach der Extraktion zu kompensieren, und Typ V, bei dem es zu massivem Knochenverlust bis hin zum Apex gekommen war. Wir schlagen damit ein neues Klassifikationsschema für den alveolären Knochenverlust vor, das auf dem verbliebenen alveolären Attachment eines Zahnes beruht. Sämtliche Zähne, die im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht wurden, waren nach dem vorhandenen parodontalen Attachment und der Höhe des knöchernen Alveolarrandes (Tab. 1) in 1 von insgesamt 5 Kategorien (Abb. 1) eingeordnet worden.

Die Behandlungen verliefen in folgenden Schritten: Defektdiagnostik, Parodontalbehandlung, Wurzelbehandlung, OFE, Extraktion des Zahnes, geschlossenes Einsetzen eines Sofortimplantates mit sofortiger provisorischer Versorgung, Weichgewebekonditionierung mit neuem provisorischem Zahnersatz für mindestens 6 Monate und Eingliedern der endgültigen prothetischen Versorgung (Abb. 2).

Die Defekte wurden mithilfe von Einzelzahnaufnahmen, von Taschentiefe- und Knochenhöhenmessungen am betroffenen Zahn und seinen Nachbarzähnen, der Analyse des Biotyps, der Messung von Gingivahöhe (Abstand zwischen Gingivarand und Mukogingivalgrenze) und Dicke der befestigten Gingiva (Abstand zwischen Gingivaoberfläche und dem darunter liegenden Alveolarknochen) und der Beurteilung von Gingivarezessionen untersucht (Abb. 2). Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchung wurde jeder einzelne Zahn dann in eine der 5 Defektkategorien eingeordnet.

Die Einzelzahnaufnahmen und sämtliche Messwerte am betroffenen Zahn und seinen Nachbarzähnen wurden vor Durchfüh-

Tab. 1 Patientenmerkmale.

Patient	Geschlecht	Raucher	Zahn (FDI)	Defekttyp	Extraktionsgrund	Implantattyp
1	w	j	11	IV	Paro	NT413
			12	II	Paro	NT413
			22	III	Paro	NT413
2	w	n	21	I	n. e.	NT511
3	m	j	15	I	n. e.	NT511
4	m	j	22	IV	Paro	NT413
			23	III	Paro	NT413
			24	V	Paro	OSS413
			25	V	Paro	OSS411
			26	IV	Paro	OSS411
5	w	n	12	V	Paro	NTP413
			22	V	Paro	NTP413
6	w	j	12	V	Paro	NTP3231
7	w	j	11	III	Paro	NT411
			12	III	Paro	Pontic
			22	III	Paro	NT411
8	m	j	12	IV	Paro	NIITP4311
			11	IV	Paro	NT511
			22	IV	Paro	NIITP4311
9	w	j	12	V	Paro	NITP4313
			11	V	Paro	Pontic
			21	V	Paro	Pontic
			22	V	Paro	NITP4313
			32	IV	Paro	NNT3213
			31	IV	Paro	Pontic
			41	IV	Paro	Pontic
			42	IV	Paro	NNT3213
10	w	j	21	V	Paro	NT415
11	w	n	21	III	Karies	NTPCP5411
			22	IV	Paro/Endo	NT3211
12	w	j	23	IV	Paro	NT413
13	w	j	13	II	n. e.	NT410

Defektklassifizierung vgl. [Abb. 1](#).

Paro = Parodontitis; Endo = endodontischer Misserfolg; n. e. = nicht erhaltungswürdig

NT = zahnwurzelförmig (konisch); OSS = OSSEOTITE™ (zylindrisch); NTP/NTPCP = PREVAIL™ zahnwurzelförmig; NIITP/NITP = zahnwurzelförmig mit Innenverbindung;

NNT = NanoTite™ zahnwurzelförmig

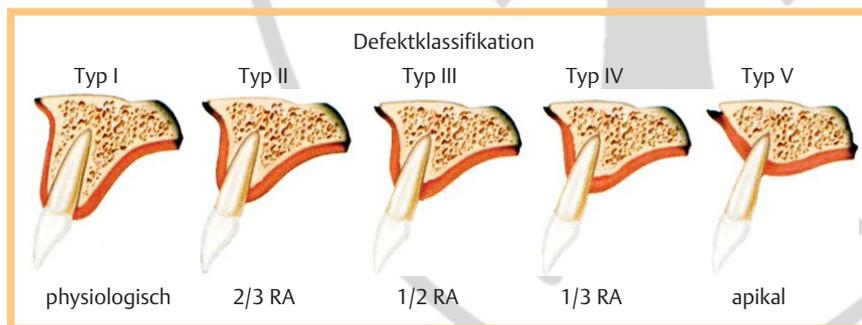


Abb. 1 Klassifikation der Defekte anhand des vorhandenen Attachments (residual attachment, RA). Typ I: kein Knochenabbau; Typ II: der Zahnhalteapparat umfasst 2 Drittel der Zahnwurzel; Typ III: das Attachment umfasst die Hälfte der Zahnwurzel; Typ IV: der Zahnhalteapparat umfasst ein Drittel der Zahnwurzel; Typ V: im Bereich der Zahnwurzel sind nur noch wenige Millimeter Attachment verblieben.

zung der Parodontalbehandlung (T-0) ([Abb. 2a](#)), 2 Monate nach der Parodontalbehandlung zu Beginn der orthodontischen Therapie (T-1) ([Abb. 2b, d](#)), im Abstand von je 1 Monat im Verlauf der orthodontischen Behandlung (T-n), am Tag der Extraktion und der Versorgung mit einem Implantat (T-end) ([Abb. 2c, e](#)) und in Abständen von je 6 Monaten danach erhoben und aufgezeichnet. Bei jedem Patienten wurde ein Referenzpunkt bestimmt, der während der Behandlung unverändert bleiben würde und damit als Bezugspunkt für die Messung der Bewegung des Zahnes, des Alveolarknochens und der Knochenhöhe dienen konnte (z. B. der knöchernen Nasenboden oder die Wurzelspitze eines Nachbarzahnes, der nicht in die kieferorthopädische Be-

handlung einbezogen wurde). Wenn möglich wurde eine Computertomografie durchgeführt.

Der Biotyp wurde bestimmt, indem eine Sonde bukkal mittig in den Sulkus eingeführt und das Gewebe als dicker oder dünner Biotyp eingeschätzt wurde [18]. Nach der ersten allgemeinen Einschätzung wurde die Dicke der Gingiva genauer bestimmt. Nach der Anästhesierung des Gewebes wurde die Sonde 3 mm apikal des freien Gingivarandes bukkal mittig in einem Winkel von 90° gegenüber der Zahnachse bis zur Knochen- bzw. Wurzeloberfläche eingeführt. Der gingivale Biotyp wurde vor Beginn und nach Abschluss der orthodontischen Behandlung bestimmt.



Abb. 2 a: Oberer rechter seitlicher Schneidezahn vor Beginn der Parodontalbehandlung (T-0). b Oberer rechter seitlicher Schneidezahn 1 Woche nach der Parodontalbehandlung und vor Beginn der orthodontischen Extrusion (T-1). c Oberer rechter seitlicher Schneidezahn nach Abschluss der orthodontischen Extrusion (T-end). d Die Einzelzahnaufnahme zeigt die Höhe des Alveolarrandes vor Beginn der orthodontischen Extrusion. e Die Einzelzahnaufnahme nach Abschluss der orthodontischen Extrusion zeigt

den neu gebildeten Knochen. f Die Einzelzahnaufnahme direkt nach dem Einsetzen des Implantates lässt die Menge an Basalknochen erkennen, die für das Implantat zur Verfügung steht. g Klinischer Zustand zum Zeitpunkt 0 (T-0), 1 Woche nach dem parodontalchirurgischen Eingriff und direkt vor dem Bekleben. h Klinischer Zustand der endgültigen Kronen auf beiden seitlichen Schneidezähnen. Man beachte die Wanderung des Gingivasaums nach koronal an beiden mittleren Schneidezähnen (der „Deckeneffekt“).

Die Dicke der befestigten Gingiva und Gingivarezessionen wurden ebenfalls vermessen. Größe und Volumen der Interdentalspapillen wurden festgestellt und der Abstand zwischen Papillenspitze und Kontaktpunkt wurde ausgemessen und nach der Skala von Jemt [19] klassifiziert.

Die Behandlung der nicht erhaltungswürdigen Zähne begann mit einer Wurzelbehandlung, um zu verhindern, dass die Zähne nach der Parodontalbehandlung und den Einkürzungen sensibel reagieren. Die nachfolgende Parodontalbehandlung orientierte sich an den gemessenen Taschentiefen. Bei Zähnen mit Taschen zwischen 1 und 5 mm wurde die Wurzeloberfläche kürettiert, geglättet und anschließend lokal antibakteriell behandelt (3-mal täglich Spülung mit Chlorhexidin 0,1%). Bei Zähnen mit Taschen von 5 mm und tiefer wurde die Wurzeloberfläche kürettiert, geglättet und anschließend lokal antibakteriell behandelt. 2 Monate später wurde dann eine offene Kürettage (modifizierte Widman-Operation) mit anschließender antibakterieller Therapie (2 Wochen lang 3-mal tägliche Spülung mit Chlorhexidin 0,2%) durchgeführt.

Direkt nach der Parodontalbehandlung wurden Brackets eingesetzt und die Zähne mithilfe eines 0,016" starken hitzeaktivierten Nickel-Titan-Drahtbogens ausgerichtet. Im Anschluss daran

wurde ein Drahtbogen aus 0,018" starkem Edelstahl eingesetzt, in den 1 mm hohe vertikale Stufen eingebogen wurden, um nach jeder Aktivierung 1 mm an Extrusion durchführen zu können. Als Alternative wurde ein 0,019×0,025" starker Drahtbogen aus β -Titanium mit einer 1 mm hohen vertikalen Stufe und palatinalen Wurzeltorque verwendet. Die Stufen wurden monatlich um 1 mm vergrößert. Dabei ging man davon aus, dass die Extrusionsstrecke der gesamten Aktivierungsstrecke entsprechen würde.

Während der Behandlung wurden die Patienten wöchentlich einbestellt, um sicherzustellen, dass der extrudierte Zahn außer Okklusion war und um die hygienischen Verhältnisse in dieser Region zu überprüfen, damit keine Entzündungen entstehen konnten. Bei jeder Sitzung wurde der Zahn inzisal mit einem Diamantschleifkörper eingekürzt (jedes Mal um 1 oder 2 mm) und das Ausmaß der Kürzung aufgezeichnet. Im Abstand von 1 Monat wurden Einzelzahnaufnahmen angefertigt, um die Bewegung des Alveolarknochens messen zu können. Parodontalbefunde wurden ebenfalls erhoben, um neue Veränderungen der Gewebe möglichst frühzeitig erkennen zu können.

Die Entscheidung, die Extrusion zu beenden, orientierte sich an der Höhe des neu gebildeten Knochens. Ziel war es, dass der

Alveolarknochen mindestens 2 mm höher wurde, als der Knochen am Zahn der Gegenseite, der als Bezugspunkt diente. Nachdem das Implantatbett ausreichend augmentiert war, folgte eine orthodontische Stabilisierungsphase von 2 Monaten, während der sich die neu gebildete Knochenmatrix mineralisieren konnte. Danach wurde der Patient zur Computertomografie geschickt. Zu diesem Zeitpunkt wurden sämtliche klinischen Befunde, die vor Behandlungsbeginn erhoben worden waren, erneut erhoben. 2 Tage vor dem Einsetzen der Implantate wurde eine abschließende schnelle extrusive Kraft auf den Zahn ausgeübt. Dadurch weitete sich der Parodontalspalt, was die Extraktion vereinfachte. Der Patient begann 24 Stunden vor der Extraktion mit einer prophylaktischen antibiotischen Abdeckung (alle 12 Stunden 1 g Amoxicillin) und einer antibakteriellen Mundspülung (Chlorhexidin 0,2%). Am Tag der Extraktion wurden die klinischen Daten noch einmal gemessen (Taschentiefen usw.). Sämtliche Zähne wurden ohne Aufklappung extrahiert. Bei 11 Patienten wurden insgesamt 27 Zähne durch Implantate ersetzt. Die Implantate hatten bis auf 3 konische Formen (14 OSSEOTITE, 13 NanoTite; Biomet3i) (◉ **Tab. 1**). Bei 2 Patienten wurden 5 extrudierte Zähne durch Brückenglieder ersetzt, um die Ästhetik einer 4-teiligen festsitzenden Teilprothese zu verbessern, mit der 4 Schneidezähne ersetzt wurden. Die Implantate wurden ohne Aufklappung eingesetzt, mit den Abutments verbunden und schließlich außer Okklusion stehende provisorische Kronen aufgeschraubt. Die konischen Implantate (NT OSSEOTITE/NanoTite; Biomet3i) wurden mit einem minimalen Drehmoment von 40 Ncm eingesetzt (◉ **Abb. 2f**).

Ein eventuell nach dem Einsetzen des Implantates vorliegender vestibulärer Spalt zwischen Implantat und Alveolarknochen wurde entweder mit autologen Knochensplittern oder nichtresorbierbarem Knochenersatzmaterial (Bio-Oss; Geistlich Pharma) verschlossen, damit sich ein stabiles Koagulat bilden konnte [20]. Auch für diese Maßnahme wurde nicht aufgeklappt und die Wunden wurden nicht primär mit Nähten geschlossen. Wo möglich, wurde eine prothetische Plattform verwendet, die kleiner war als der Implantatkopf (d. h. platform switching), um die Resorption des Knochens um das Implantat herum möglichst gering zu halten [21,22]. In nahezu allen Fällen wurde eine mit Schrauben fixierte provisorische Versorgung eingesetzt. Die Abutmentschraube wurde mit einem kalibrierten Schlüssel (Biomet3i) und einem Drehmoment von 20 Ncm festgezogen. Die provisorische Krone war in zentrischer und nichtzentrischer Okklusion außer Kontakt. Schließlich wurde noch eine abschließende Einzelzahnaufnahme angefertigt. Danach wurde der Patient nach Hause geschickt und angewiesen, eine Woche lang nur flüssige Nahrung zu sich zu nehmen und mindestens 6 Wochen lang nicht auf der provisorischen Krone zu kauen. Diese erste provisorische Krone wurde dann nach 8 Wochen entfernt und durch ein weiteres Provisorium ersetzt, mit dessen Hilfe die Weichgewebekonditionierung durchgeführt wurde. Diese provisorische Krone verblieb für mindestens 4 Monate im Mund, damit die Konturen der Weichgewebe reifen und sich stabilisieren konnten. Bevor die abschließenden Abdrücke genommen wurden, vergingen mindestens 6 Monate. Um die Dimensionen des Implantatsulkus abzufestigen, wurde ein individualisiertes Kappchen verwendet [23].

Zur Verbesserung der Ästhetik kamen schließlich Zirkon-Abutments und Vollkeramikronen zum Einsatz (◉ **Abb. 2g, h**).

Datenanalyse



Die folgenden Werte wurden berechnet:

- ▶ Extrusionsstrecke (orthodontic Extrusion; OE)
- ▶ Augmentation des Knochens pro extrudiertem Zahn (bone augmentation; BA)
- ▶ Augmentation der befestigten Gingiva (keratinized gingiva augmentation; KGA) (vertikale Augmentation der Höhe der befestigten Gingiva)
- ▶ Verschiebung der Mukogingivalgrenze (muco-gingival junction movement; MGJM)
- ▶ Augmentation der Gingiva pro extrudiertem Zahn (gingival augmentation; GA) (Bewegung des Gingivalsaumes nach koronal)
- ▶ Größe von während der orthodontischen Behandlung entstandene Rezessionen (R)
- ▶ Veränderung der vestibulären Dicke der Gingiva (gingival thickness; GTA)
- ▶ Verringerung der Taschentiefe während der orthodontischen Extrusion (pocket depth reduction; PDR), also die Differenz zwischen der Taschentiefe am Ende der orthodontischen Extrusion (PDT2) und der Taschentiefe zu Beginn der Extrusion (2 Monate nach der Parodontalbehandlung) (PDT1)
- ▶ Effektivität der vertikal gerichteten orthodontischen Bewegung bei der Erzeugung neuen Knochengewebes, definiert als prozentuales Verhältnis zwischen neu gebildetem Knochen und der Extrusionsstrecke (bone augmentation/amount of orthodontic movement ratio; BA/OE%)
- ▶ Effektivität der vertikal gerichteten orthodontischen Bewegung bei der Erzeugung neuer Weichgewebe, definiert als prozentuales Verhältnis zwischen neu gebildeter Gingiva und der Extrusionsstrecke (gingival augmentation/amount of orthodontic movement ratio; GA/OE%)
- ▶ Veränderung der Papillenhöhe.

Mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests wurde die Hypothese geprüft, dass es zwischen den 5 Defektklassen keine Unterschiede in der Höhe des BA/OE% gibt.

Ergebnisse



◉ **Tab. 2** zeigt die Ergebnisse für jeden einzelnen der Patienten. Die Erfolgsquote für die Implantate betrug nach einem Beobachtungszeitraum von 18 bis 61 Monaten 96,3% (1 von 27 Implantaten ging verloren). ◉ **Tab. 3** gibt einen Überblick über die klinischen Veränderungen.

In ◉ **Tab. 4** finden sich die Ergebnisse nach Defektklassen aufgeschlüsselt. Zwischen den Typen I, II, IV und V ergaben sich keine Unterschiede in der Höhe des BA/OE% ($P=0,577$). Kategorie II konnte nicht geprüft werden, da nur ein einziger Zahn dieser Kategorie zugeordnet worden war.

Diskussion



Die im Rahmen einer forcierten orthodontischen Extrusion entstehenden Veränderungen in der Höhe des Knochens und der Gingiva sind gut belegt [24–30]. Reitan [31] konnte zeigen, dass es bei orthodontischer Extrusion eines Zahnes zur Dehnung der parodontalen Faserbündel kommt, wodurch die Apposition von Knochen und Gingiva angeregt wird. In jüngerer Zeit stellten Salama u. Salama [16] ein neues Verfahren vor, das sie als „extrusi-

Tab. 2 Ergebnisse der OISD für die einzelnen Patienten.

Patient	Zahn	OE (mm)	BA (mm)	KGA (mm)	MGJM (mm)	GA (mm)	R (mm)	GTA (mm)	PDT2 (mm)	PDT1 (mm)	PDR (mm)	BA/ E%	GA/OE%	BA/GM%
2	21	4	3,1	2,9	1,4	3,1	0,2	0,7	1	2	1	78	78	100,0
4	22	7	4,1	1,3	5	6,3	0,9	0,4	1	2	1	59	90	65,6
	23	7	6	1,1	5	6,1	2,5	0,3	1	2	1	86	87	98,8
	24	6	4	1,9	4	5,9	1,1	0,1	2	2	0	67	98	68,4
	25	7	4,7	3,4	3	6,4	1,4	0,7	2	2	0	67	91	73,6
	26	7	3,7	2,2	2	4,4	1	1	3	3	0	53	63	84,1
1	11	7	5,7	3,8	1,8	5,6	2	0,3	2	5	3	81	80	101,2
	21	6	4,9	3,2	1,3	4,5	1,5	0,8	2	5	3	82	75	109,3
	22	6	4,7	2,2	1,2	3,4	2	0,7	2	5	3	78	57	136,8
3	15	5	2,5	2,3	1,8	4,1	1	1,2	1	2	1	50	82	61,0
8	11	5	3	-1,5	3,4	1,9	0,5	0,5	1	3	2	60	38	157,9
	12	5	3	1,2	0,5	1,7	0,6	1,3	2	3	1	60	34	176,5
	12	5	4	1,4	1,3	2,7	0,6	0,9	2	3	1	80	54	148,1
6	12	5	3,3	3,7	4	7,7	2	1,7	3	5	2	66	100	66,0
5	12	6	5	3,5	1,1	4,6	2,7	1,2	2	4	2	83	77	107,8
	22	6	3,7	1,6	0,5	2,1	2,6	0,4	2	4	2	62	35	177,1
9	31	6	4,9	1,1	2,1	3,2	1,4	0,3	1	3	2	82	53	154,7
	32	6	4,7	2	2	4	1,4	0,7	1	3	2	78	67	116,4
	41	6	5,8	2	2,7	4,7	1	0,2	1	3	2	97	78	124,
	42	6	5,6	2	2,3	4,3	3,2	0,6	1	3	2	93	72	129,2
	11	7	4	2	3,4	5,4	2,9	0,3	1	3	2	67	90	74,4
	12	7	4	0	2,4	2,4	2	0,2	1	3	2	80	48	166,7
	21	7	4	1,1	3	4,1	2,9	0,4	1	3	2	67	68	98,5
	22	7	4	0	2,9	2,9	2,8	0,3	1	3	2	80	58	137,9
10	21	10	8	1,5	1,3	2,8	5,7	0,4	3	7	4	80	28	285,7
7	11	10	3,8	1,8	0,4	2,2	2	1,1	2	5	3	63	37	170,3
	21	7	1,7	2	0,6	2,6	1,5	0,3	2	5	3	28	43	65,1
	22	7	0,6	1,8	0,9	2,7	0,4	0,7	2	5	3	10	45	22,2
11	21	6	3,8	0,3	3,3	3,6	4	0,8	1	3	2	63	60	105,0
	22	5	3,4	1	2,6	3,6	2	1,5	1	3	2	68	72	94,4
12	23	4	2,7	2,3	0,3	2,5	0,4	1,1	1	3	2	68	63	107,9
13	13	3	2,1	2	1	3	0,3	0,9	1	2	1	70	67	104,5
Mittelwert			6,2	4,0	1,8	2,1	1,8	0,7	1,6	3,	1,8			
SD			1,4	1,4	1,1	1,3	1,2	0,4	0,7	1,2	0,9			

SD=Standardabweichung; OE= orthodontische Extrusion; BA = Knochenaugmentation; KGA = Augmentation der keratinisierten Gingiva; MGJM = Verschiebung der Mukogingivalgrenze; GA = Augmentation der Gingiva; R = Rezession; GTA = Augmentation der vestibulären Gingivadicke; PDT2 = Taschentiefe nach orthodontischer Extrusion; PDT1 = Taschentiefe vor orthodontischer Extrusion; PDR = Verringerung der Taschentiefe; BA/OE% = Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und Ausmaß der orthodontischen Bewegung (Effektivität); GA/OE% = Verhältnis zwischen Gingivaugmentation und Ausmaß der orthodontischen Bewegung (Effektivität); BA/GA% = Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und dem Gingivalsaum

ves orthodontisches Remodelling“ (orthodontic extrusive remodeling) bezeichneten, bei dem nicht erhaltungswürdige Zähne über eine große Distanz fast bis zu ihrer vollständigen Extraktion extrudiert werden, um die Bildung einer großen Menge von neuem Hart- und Weichgewebe anzuregen. Seitdem konnten andere Praktiker nachweisen, dass dieses Verfahren, auch bekannt als „orthodontische Extraktion“ oder „orthodontische Extrusion“ eine tragfähige Alternative zu chirurgischen Augmentationsverfahren darstellt [32–40].

Eine neuere systematische Übersichtsarbeit zur OISD führt aus, dass bisher nur wenige Daten über das biologische Verhalten der Parodontalgewebe und die klinischen Ergebnisse während einer forcierten orthodontischen Extrusion vorliegen. Tatsächlich stammen die vorhandenen Daten mehrheitlich aus Berichten über Einzelfälle oder Fallserien und bis heute wurde nur wenig über dieses Verfahren geforscht [41]. Die vorliegende vorläufige

Untersuchung beschreibt die biologischen Veränderungen, die während einer forcierten orthodontischen Extrusion eines Zahnes vor sich gehen.

Veränderungen der Hartgewebe

▼ In Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen wurde in allen behandelten Regionen neues Knochengewebe gebildet [28, 36, 37]. Ein bisher nicht ausreichend beschriebener Parameter ist die Effektivität der orthodontischen Bewegung bei der Knochenneubildung [41]. Ein direkter Zusammenhang zwischen Zahnbewegung und Knochenneubildung ist bisher nicht beschrieben worden. Bei keinem der Patienten gab es ein 1:1-Verhältnis zwischen der Knochenneubildung und der Extrusionsstrecke. Im Durchschnitt betrug dieses Verhältnis 70%, was bedeutet, dass die Extrusionsstrecke eines Zahnes nicht vollständig in die Bildung neuen Knochens umgesetzt wird. Die fehlenden 30% könnte man als „Effektivitätsverlust“ des Verfahrens bezeichnen. Dieser geht möglicherweise darauf zurück, dass ein Zahn erst aus der Alveole extrudiert werden muss, bevor das Parodont ausheilen kann. Die vorliegende Studie konnte jedoch eine bessere Knochenneubildung nachweisen, als bisherige Untersuchungen am Tiermodell [28].

Zwischen den 4 Defektgruppen ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Höhe des BA/OE% (● Tab. 4). In Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen konnten hinsichtlich der Höhe des parodontalen Attachments keine Einschränkungen der Knochenneubildung festgestellt werden. Klinisch bedeutet dies, dass es möglich ist, mithilfe von Zähnen neuen Knochen zu generieren, bei denen mehr als 90% des umgebenden Knochens verloren gegangen ist [36, 37].

Veränderung der Weichgewebe

▼ Wie bereits von anderen Autoren beschrieben, kam es in Verbindung mit der Knochenregeneration auch zu einem Wachstum der Gingiva [32–40]. Bei allen Fällen bewegte sich der Gingiva-

Tab. 3 Mittelwerte für die klinischen Parameter nach OISD für sämtliche 27 Patienten.

Messwert	Mittelwert	SD	Spannbreite
OE	6,2	1,4	3 bis 10
BA	4	1,4	0,6 bis 8
KGA	1,8	1,1	- 1,5 bis 3,8
MGJM	2,1	1,3	0,4 bis 5,0
GA	3,9	1,5	1,7 bis 7,7
R	1,8	1,2	0,2 bis 5,7
GTA	0,7	0,4	0,2 bis 1,7
PDR	1,8	0,9	0 bis 4
BA/OE%	68,9	17,3	1, bis 97
GA/OE%	65,2	19,9	28 bis 100
BA/GA%	115,3	50,0	22,2 bis 285,7

SD = Standardabweichung; OE = orthodontische Extrusion; BA = Knochenaugmentation; KGA = Augmentation der keratinisierten Gingiva; MGJM = Verschiebung der Mukogingivalgrenze; GA = Augmentation der Gingiva; R = Rezession; GTA = Augmentation der vestibulären Gingivadicke; PDR = Verringerung der Taschentiefe; BA/OE% = Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und Ausmaß der orthodontischen Bewegung (Effektivität); GA/OE% = Verhältnis zwischen Gingivaaugmentation und Ausmaß der orthodontischen Bewegung (Effektivität); BA/GA% = Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und dem Gingivalsaum

Tab. 4 Mittelwerte (\pm Standardabweichung) der klinischen Messwerte für die einzelnen Defektypen.

Messwert	Defektklassifikation				
	I	II*	III	IV	V
OE	4 \pm 1	6	3,4 \pm 2,0	5,7 \pm 1,0	6,8 \pm 1,3
BA	2,6 \pm 0,5	4,9	1,5 \pm 0,5	4,2 \pm 1,1	4,5 \pm 1,3
KGA	2,4 \pm 0,4	3,2	1,9 \pm 1,8	1,6 \pm 1,2	1,9 \pm 1,3
MGJM	1,4 \pm 0,4	1,3	3,4 \pm 1,4	2,2 \pm 1,2	2,6 \pm 1,2
GA	3,4 \pm 0,6	4,5	2,1 \pm 1,2	3,7 \pm 1,4	4,4 \pm 1,9
R	0,5 \pm 0,4	1,5	7,2 \pm 1,5	1,2 \pm 0,8	2,6 \pm 1,3
GTA	0,9 \pm 0,2	0,8	0,6 \pm 0,3	0,7 \pm 0,4	0,6 \pm 0,5
PDT2	1 \pm 0	2	1,7 \pm 0,5	1,4 \pm 0,7	1,8 \pm 0,8
PDT1	2 \pm 0	5	4,2 \pm 1,3	3,1 \pm 0,7	3,6 \pm 1,5
PDR	1 \pm 0	3	2,5 \pm 0,8	1,7 \pm 0,8	1,8 \pm 1,1
BA/OE%	66 \pm 14,4	82	54,7 \pm 29,6	73,2 \pm 14,1	71,9 \pm 7,8
GA/OE%	75,5 \pm 7,8	75	54,8 \pm 18,0	63,7 \pm 16,7	69,3 \pm 26,2
BA/GA%	82,7 \pm 30,8	109,3	99,7 \pm 52,1	121,7 \pm 33,2	125,6 \pm 69,4

* dem Typ II wurde nur ein einziger Defekt zugeordnet

SD = Standardabweichung; OE = orthodontische Extrusion; BA = Knochenaugmentation; KGA = Augmentation der keratinisierten Gingiva; MGJM = Verschiebung der Mukogingivalgrenze; GA = Augmentation der Gingiva; R = Rezession; GTA = Augmentation der vestibulären Gingivadicke; PDT2 = Taschentiefe nach orthodontischer Extrusion; PDT1 = Taschentiefe vor orthodontischer Extrusion; PDR = Verringerung der Taschentiefe; BA/OE% = Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und Ausmaß der orthodontischen Bewegung (Effektivität); GA/OE% = Verhältnis zwischen Gingivaaugmentation und Ausmaß der orthodontischen Bewegung (Effektivität); BA/GA% = Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und dem Gingivalsaum

rand nach koronal. In einigen Fällen kam es zu einem Verhältnis zwischen Gingivaneubildung und Extrusionsstrecke von 1:1. Im Durchschnitt betrug der GA/OE% jedoch etwa 65%. Die Gingivaneubildung erwies sich als deutlich variabler, als die Neubildung von Knochen. Es konnten 3 unterschiedliche klinische Szenarien beobachtet werden:

Im 1. Szenario wanderte die Gingiva proportional zum Knochen. Bei diesen Fällen wurde im Rahmen der Parodontalbehandlung der Gingivarand ungefähr auf Höhe des knöchernen Alveolarandes verlagert und zum Zeitpunkt der orthodontischen Therapie war nur eine flache Tasche vorhanden. Diese Form der Gingivareaktion stimmt mit früheren Untersuchungen am Tiermodell und am Menschen überein [28,30].

Im 2. Szenario wurde ein überschießendes Wachstum der Gingiva beobachtet. Dies war möglicherweise Folge einer hyperplastischen Reaktion der Gingiva auf eine bakterielle und mechanische Stimulation.

Im 3. Szenario konnte nur eine geringe Reaktion der Gingiva beobachtet werden. Dieses sehr interessante Verhalten wurde üblicherweise bei Zähnen beobachtet, bei denen ein Unterschied zwischen der Höhe des knöchernen Alveolarandes und des Gingivarandes vorlag.

Die Messungen zeigten immer, dass bei der Extrusion eines Zahnes mit einer parodontalen Tasche zuerst nur der Knochen dem Zahn folgte. Die Weichgewebe folgten dem Zahn erst, nachdem die Tasche durch die Extrusionsbewegung verschwunden und ausgeheilt war. Mantzikos u. Shamus beobachteten, dass „Zähne, die extrudiert werden und bei denen eine tiefe Weichgewebetasche vorhanden ist, sich erst eine größere Strecke nach koronal bewegen müssen, bevor der Gingivarand ihnen zu folgen beginnt“ [32,36].

Eine weitere klinische Beobachtung, auf die in der bisherigen Forschung noch nicht hingewiesen wurde, ist das Verhalten der Gingiva an den Zähnen neben dem extrudierten Zahn. Bei allen Fällen kam es nicht nur am extrudierten Zahn selbst zu einem Wachstum der Gingiva nach koronal, sondern – allerdings in geringerem Maße – auch an den Nachbarzähnen (Abb. 2h). Dieses Phänomen wird als „Deckeneffekt“ bezeichnet, da es der Bewegung einer Decke ähnelt, die sich, wenn an 2 Ecken gezogen wird, nicht nur an den Enden, sondern in geringerem Ausmaß auch in der Mitte bewegt.

Eine klinische Folge des angesprochenen biologischen Prinzips ist eine Zunahme von Gingivarezessionen, die bereits früher beschrieben worden ist. Eine vergleichbare Beobachtung wurde von Kajima u. Mitarb. [30] beschrieben. In Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen [28,30,32,36] verringerte sich die Taschentiefe, da sich zu Beginn der Extrusion zuerst der knöcherne Alveolarrand zusammen mit dem Zahn nach koronal bewegt, während die Gingiva erst dann folgt, wenn die Tasche verschwunden ist.

Bei allen Fällen wurde beobachtet, dass sich mit dem Gingivarand auch die Papillen nach koronal bewegten. Allerdings schlugen sämtliche Versuche fehl, das Wachstum der Papillen exakt zu messen, da die dazu erforderlichen Referenzpunkte, wie etwa der Kontaktpunkt oder der knöcherne Alveolarrand der Nachbarzähne, während der Behandlung nicht stabil geblieben waren.

Es konnten auch Veränderungen in der Position der Mukogingivalgrenze beobachtet werden, wobei 4 klinische Szenarien für das Verhalten der Mukogingivalgrenze möglich sind.

1. Die Mukogingivalgrenze bewegt sich nicht nach koronal, der Gingivarand jedoch schon. Dadurch vergrößert sich der Anteil

an befestigter Gingiva. Dies geschieht, wenn sich die Mukogingivalgrenze apikal des Alveolarknochens befindet, der sich während der Extrusion nicht bewegt.

2. Die Mukogingivalgrenze bewegt sich zusammen mit dem Gingivarand nach koronal, wobei sich der Anteil an befestigter Gingiva nicht erhöht. Dies geschieht, wenn die Mukogingivalgrenze an der Wurzeloberfläche anhaftet und keine Taschen vorhanden sind.

3. Weder die Mukogingivalgrenze, noch der Gingivarand bewegen sich nach koronal. Auf diese Weise kommt es weder zu einer Bewegung der befestigten Gingiva nach koronal, noch zu einer Vergrößerung des Anteils an befestigter Gingiva. Dies geschieht, wenn die befestigte Gingiva nicht an der Zahnwurzel anhaftet.

4. Die Mukogingivalgrenze bewegt sich nach koronal, während der Gingivarand sich nicht verändert. Dies führt zu einer Verringerung des Anteils an befestigter Gingiva, bis die Tasche im Verlauf der Extrusion vollständig verschwunden ist.

Im Bereich der befestigten Gingiva kam es zu einer ganzen Reihe von Veränderungen. Wie bereits in anderen Untersuchungen [30,32,36] gezeigt werden konnte, war in der Mehrzahl der Fälle eine Vergrößerung des Anteils an befestigter Gingiva zu beobachten. Ein Parameter, der in der bisherigen Forschung noch nicht hinreichend untersucht worden ist, ist die Dicke der bukkalen Gingiva (Biotyp). In unserer Stichprobe konnten wir eine generelle Zunahme der Gingivadicke beobachten („Änderung des Biotyps“) [42].

Extrusion und Nachsorge

Die Zähne wurden langsam orthodontisch extrudiert, da wir der Ansicht waren, dies würde die Integrität des noch vorhandenen Parodonts am besten bewahren. Zachrisson schlug die langsame Extrusion von Zähnen vor und berichtet, dass er versuchte „intermittierende kontinuierliche Kräfte“ auszuüben, da ihm wissenschaftliche Daten zu einem geeigneten Kräftesystem nicht zur Verfügung standen [38,40]. Die Apposition von Knochen beträgt 1 mm pro Monat, weswegen eine Ruheperiode von 4 bis 5 Wochen zwischen den einzelnen Aktivierungen am geeignetsten zu sein scheint.

Für die Extrusion von Zähnen werden generell geringe (15–50 g) kontinuierliche Kräfte empfohlen [41,43]. Aus diesem Grund scheint eine Extrusion um 1 mm pro Monat mithilfe von vertikalen Stufen, die in einen dünnen Draht eingebogen werden, das geeignetste und reproduzierbarste Verfahren zu sein.

Zur Vergrößerung der bukkolingualen Ausdehnung des Alveolarfortsatzes wurde vorgeschlagen, eine bukkal gerichtete Wurzeltorquekomponente der Extrusion hinzuzufügen [39,41]. Im Gegensatz dazu könnte man vermuten, dass der Schlüssel zum Erfolg eine Extrusion in Richtung der Längsachse eines Zahnes sein könnte. Ziel ist dabei, jeden traumatischen Kontakt zwischen Zahnwurzel und Alveolarknochen zu vermeiden, der sich möglicherweise negativ auf die Integrität der bukkalen Knochenhaut auswirken könnte [44].

Nach der Extrusion folgte eine 2 Monate dauernde Stabilisierungsphase, während der sich die neu gebildeten Knochen trabekel mineralisieren konnten. Diese Stabilisierungsphase ist vergleichbar mit bereits beschriebenen Verfahren [35,36,39,41] und beruht darauf, dass bei einer geringen Extrusionsrate nur eine kurze Stabilisierungsphase erforderlich ist.

Im Rahmen der Nachsorge werden immer noch Daten erhoben. Es konnten bisher keine weiteren größeren Veränderungen beobachtet werden und es ging auch kein weiteres Implantat verloren.

Vorteile von OFE/OISD

Die orthodontische Regeneration ist ein nichtchirurgisches Verfahren zur Regeneration von Gewebe. Der hauptsächliche Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass sowohl Hart- als auch Weichgewebe regeneriert werden können und dass ein Implantat eingesetzt werden kann, ohne die Schleimhaut aufklappen zu müssen, was in der Regel eine Resorption von Knochengewebe zur Folge hat [44]. Da bekannt ist, dass es bei Patienten mit dünnem Biotyp nach dem Einsetzen eines Sofortimplantates in eine frische Extraktionsalveole zu Rezessionen kommen kann [18], entschieden sich die Verf., die forcierte orthodontische Extrusion selbst bei Fällen anzuwenden, bei denen noch kein Abbau des Alveolarknochens am nicht erhaltungswürdigen Zahn zu beobachten war. Auf diese Weise sollte das Implantatbett überdimensioniert werden, um die Umbauvorgänge nach Extraktion des Zahnes zu kompensieren.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Mehrzahl der Patienten, bei denen eine OISD durchgeführt wurde, auch konventionell kieferorthopädisch behandelt wurden, um Fehlbisslagen und die Ästhetik zu korrigieren. Aus diesem Grund bietet sich die orthodontische Implantatbettaugmentation gerade bei Patienten an, bei denen auch eine konventionelle kieferorthopädische Therapie erforderlich ist.

Schlussfolgerung

Die vorliegenden Ergebnisse lassen folgendes erkennen:

- ▶ Die orthodontische Implantatbettaugmentation ist ein erprobtes Verfahren zur Generierung von neuen Hart- und Weichgeweben.
- ▶ Das Verhältnis zwischen Knochenaugmentation und Extrusionsstrecke betrug etwa 70% (orthodontische Effizienz bei der Bildung neuen Knochengewebes) und das Verhältnis zwischen Gingivaaugmentation und Extrusionsstrecke (orthodontische Effizienz bei der Bildung neuer Gingiva) betrug etwa 65%.
- ▶ Ein geringes vorhandenes parodontales Attachment wirkte sich nicht negativ auf die Menge des neu gebildeten Knochens aus.
- ▶ Die vertikale Augmentation wurde nur durch den zwischen den Zahnreihen zur Verfügung stehenden Platz begrenzt.
- ▶ Die Implantate waren in 96% der Fälle erfolgreich.

Eine orthodontische Implantatbettaugmentation ist eine wichtige Behandlungsoption, um Gewebe für eine Implantation bei Patienten zu generieren, bei denen auch eine konventionelle kieferorthopädische Behandlung erforderlich ist.

Literatur

- 1 Albrektsson T, Zarb G, Worthington P et al. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986; 1: 11–25
- 2 Kan JY, 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
- 3 Gotfredsen K. A 5-year prospective study of single-tooth replacements supported by the Astra Tech implant: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004; 6: 1–8
- 4 Henriksson H, Jemt T. Measurements of soft tissue volume in association with single-implant restorations: a 1-year comparative study after abutment connection surgery. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004; 6: 181–189
- 5 Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations [review]. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19: 43–61
- 6 Carlsson GE, Bergman B, Hedegård. 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
- 7 Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L et al. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003; 23: 313–323
- 8 Nevins M, Camelo M, De Paoli S et al. A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26: 19–29
- 9 Araújo MG, Wennström 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
- 10 Botticelli D, Persson LG, Lindhe J et al. Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17: 351–358
- 11 Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard tissue alterations following immediate implant placement in fresh extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004; 31: 820–828
- 12 Wöhrle PS. Single-tooth replacement in the aesthetic zone with immediate provisionalization: fourteen consecutive case reports. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998; 10: 1107–1114
- 13 Malò P, Friberg B, Polizzi G et al. Immediate and early function of Brånemark System implants placed in the esthetic zone: a 1-year prospective clinical multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5 (Suppl 1): 37–46
- 14 Esposito M, Grusovin MG, Felice P et al. Interventions for replacing missing teeth: horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2009; CD003607
- 15 Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22 (Suppl 1): 49–70
- 16 Salama H, Salama M. The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the management of extraction site defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993; 13: 312–333
- 17 Spear FM, Kokich VG, Mathews DP. Interdisciplinary management of anterior dental esthetics. *J Am Dent Assoc* 2006; 137: 160–169
- 18 Kan JY, Rungcharassaeng K, Umezaki K et al. Dimensions of peri-implant mucosa: an evaluation of maxillary anterior single implants in humans. *J Periodontol* 2003; 74: 557–562
- 19 Jemt T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997; 17(8): 326–333
- 20 Cardaropoli D, Cardaropoli G. Preservation of the postextraction alveolar ridge: a clinical and histologic study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008; 28: 469–477
- 21 Gardner DM. Platform switching as a means to achieving implant esthetics [review]. *N Y State Dent J* 2005; 71: 34–37
- 22 Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26: 9–17
- 23 Touati B, Guez G, Saadoun A. Aesthetic soft tissue integration and optimized emergence profile: provisionalization and customized impression coping. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1999; 11: 305–314
- 24 Brown IS. The effect of orthodontic therapy on certain types of periodontal defects. I. Clinical findings. *J Periodontol* 1973; 44: 742–756
- 25 Ingber IS. Forced eruption: part I. A method of treating isolated one and two wall infrabony osseous defects – Rationale and case report. *J Periodontol* 1974; 45: 199–206

- 26 *Ingber JS*. Forced eruption: part II. A method of treating nonrestorable teeth – Periodontal and restorative considerations. *J Periodontol* 1976; 47: 203–216
- 27 *Potashnick SR, Rosenberg ES*. Forced eruption: principles in periodontics and restorative dentistry. *J Prosthet Dent* 1982; 48: 141–148
- 28 *Van Venrooy JR, Yukna RA*. Orthodontic extrusion of single-rooted teeth affected with advanced periodontal disease. *Am J Orthod* 1985; 87: 67–74
- 29 *Ingber JS*. Forced eruption: alteration of soft tissue cosmetic deformities. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989; 9: 416–425
- 30 *Kajiyama K, Murakami T, Yokota S*. Gingival reactions after experimentally induced extrusion of the upper incisors in monkeys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 104: 36–47
- 31 *Reitan K*. Clinical and histologic observation on tooth movement during and after orthodontic movement. *Am J Orthod* 1967; 53: 721–745
- 32 *Mantzikos T, Shamus I*. Forced eruption and implant site development: soft tissue response. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112: 596–606
- 33 *Celenza F*. The development of forced eruption as a modality for implant site enhancement. *Alpha Omegan* 1997; 90: 40–43
- 34 *Spear FM, Mathews DM, Kokich VG*. Interdisciplinary management of single-tooth implants. *Semin Orthod* 1997; 3: 45–72
- 35 *Mantzikos T, Shamus I*. Case report: forced eruption and implant site development. *Angle Orthod* 1998; 68: 179–186
- 36 *Mantzikos T, Shamus I*. Forced eruption and implant site development: an osteophysiological response. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115: 583–591
- 37 *Zuccati G, Bocchieri A*. Implant site development by orthodontic extrusion of teeth with poor prognosis. *J Clin Orthod* 2003; 37: 307–311
- 38 *Zachrisson BU*. Alveolar bone augmentation for implants by orthodontic extrusion. *World J Orthod* 2003; 4: 168–173
- 39 *Nozawa T, Sugiyama T, Yamaguchi S et al*. Buccal and coronal bone augmentation using forced eruption and buccal root torque: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003; 23: 585–591
- 40 *Zachrisson BU*. Orthodontic tooth movement to regenerate new bone and periodontal tissue for implants. Presented at the Annual Session of the American Association of Orthodontists, Orlando, 2004
- 41 *Korayem M, Flores-Mir C, Nassar U et al*. Implant site development by orthodontic extrusion. A systematic review. *Angle Orthod* 2008; 78: 752–760
- 42 *Kan JY, Rungcharassaeng K, Lozada JL*. Bilaminar subepithelial connective tissue grafts for immediate implant placement and provisionalization in the esthetic zone. *J Calif Dent Assoc* 2005; 33: 865–871
- 43 *Bragger U, Pasquali L, Kornman KS*. Remodelling of interdental alveolar bone after periodontal flap procedures assessed by means of computer-assisted densitometric image analysis (CADIA). *J Clin Periodontol* 1988; 15: 558–564
- 44 *Karring T, Nyman S, Thilander B et al*. Bone regeneration in orthodontically produced alveolar bone dehiscences. *J Periodontol Res* 1982; 17: 309–315