

Stefan Neumeyer, Sabine Hopmann, Michael Stelzel, Gernot Mörig, Werner Götz, Ludger Hanfland, Martin Gosau

Erhalt und Regeneration der horizontalen alveolären Dimension im Rahmen eines biologischen Behandlungskonzeptes

Replantation, Extrusion und Translation von Wurzelsegmenten



Stefan Neumeyer
Dr. med. dent., M.Sc.
Leminger Strasse 10
93458 Eschlkam

Sabine Hopmann
Dr. med. dent.
Untere Bergstraße 12
49448 Lemförde

Michael Stelzel
Univ.-Prof. Dr. med. dent.
Donau-Universität Krems
Department für Interdisziplinäre Zahnmedizin u. Technik
Dr.-Karl-Dorrek-Straße 30
3500 Krems, Österreich

Gernot Mörig
Dr. med. dent., Zahntechniker
Lehrbeauftragter der Universität Düsseldorf
ZahnGesundheit Oberkassel
Schanzenstraße 20
40549 Düsseldorf

Werner Götz
Prof. Dr. med.
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Kieferorthopädie, Oralbiologische Grundlagenforschung
Welschnonnenstraße 17
53111 Bonn

Ludger Hanfland
Dr. med. dent.
Hundemstraße 4
57368 Lennestadt

Martin Gosau
PD Dr. med. Dr. med. dent.
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie, Universitätsklinik Regensburg
Franz-Josef-Strauss-Allee 11
93053 Regensburg

Fortsetzung nächste Seite

INDIZES horizontale Dimension, Erhalt, Regeneration, Replantation, Extrusion, translative Bewegung, biologisches Gewebemanagement

Mit dem Verlust eines Zahnes kommt es zu resorptiven Prozessen, die in der Regel zu umfangreichen Gewebedefekten führen. Aus funktioneller und ästhetischer Sicht werden dadurch große Anforderungen an alle erhaltenden, augmentativen und regenerativen Interventionsstrategien gestellt. Im Rahmen eines biologischen Behandlungskonzeptes konnte gezeigt werden, dass mit der Replantation von Zähnen und Wurzelsegmenten ein nahezu vollständiger Erhalt aller alveolären Strukturen möglich ist. Die Extrusion von Zähnen und replantierten Wurzelsegmenten führt zu einer koronalen Bewegung der angrenzenden Gewebestrukturen. Daraus ergeben sich weitreichende Konsequenzen und völlig neue behandlungsstrategische Optionen. Es ist die Frage zu klären, welche Erfolgsparameter für den dreidimensionalen Erhalt und die Regeneration der alveolären Strukturen von Bedeutung sind. Im Hinblick auf die horizontale alveoläre Dimension legen klinische Fallanalysen den Schluss nahe, dass eine der Form des alveolären Defektes kongruente funktionelle Anbindung der supraalveolären Faserstruktur einen ganz wesentlichen Erfolgsparameter darstellt. So bewirken replantierte, defektkongruente und zirkulär mit einem parodontalen Ligament bedeckte Zahnwurzeln bzw. Wurzelsegmente einen nahezu vollständigen Erhalt der horizontalen alveolären Dimension. Idealerweise ist dies bei der Replantation eines avulsierten Zahnes oder einer zervikalen Wurzelscheibe gegeben. Dieser Erfolg stellt sich auch dann ein, wenn mit mehreren orthograd replantierten Wurzelscheiben oder einem horizontal replantierten Wurzelsegment eine Defektkongruenz erreicht wird. Die Extrusion der replantierten, defektkongruenten Wurzelsegmente führt zu einer koronalen Nachfolgebewegung des angrenzenden alveolären Gewebes (**Follow-up**). Bei einer inkongruenten Defektbedeckung ist dieses Erhaltungs- und Regenerationspotenzial nur bedingt oder nicht zu erkennen. Translative körperliche Bewegungen von Zähnen und Wurzelsegmenten bewirken ein gleichgerichtetes Follow-up der angrenzenden Gewebestrukturen. Dies betrifft sowohl die marginale **befestigte** Gingiva als auch den alveolären Knochen. Auf diesen klinischen Erkenntnissen aufbauend weist das biologische Gewebemanagement im Vergleich zu chirurgischen Interventionsstrategien große Vorteile auf. So gestalten sich die struktur- und volumenerhaltenden und auch die regenerativen Maßnahmen einfacher. Die klinischen Ergebnisse sind sehr vorhersagbar und genügen höchsten Ansprüchen und die Belastung der Patienten wird deutlich minimiert.

Kontaktadresse:

Dr. Stefan Neumeyer
E-Mail:
praxis@dres-neumeyer.de

Manuskript

Eingang: 04.09.2014
Annahme: 08.09.2014

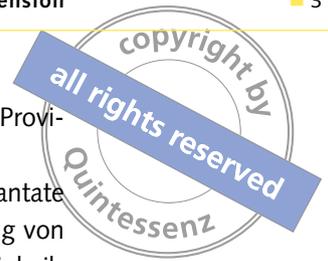
■ Einleitung

Ein langfristig stabiles und ästhetisch ansprechendes implantatprothetisches Ergebnis ist an die Qualität, das Volumen und die Form des alveolären Implantatlagers gebunden. Da der Verlust eines Zahnes durch nachfolgende resorptive Prozesse zu umfangreichen vertikalen und horizontalen Gewebedefekten führt, wurden verschiedene Behandlungsstrategien als Gegenmaßnahmen entwickelt^{1,2}. Das Ziel dieser unterschiedlichen Techniken ist es, die ursprüngliche Form und das Volumen des Alveolarkammes zu erhalten oder wiederherzustellen. Dies bedingt aus funktioneller und ästhetischer Sicht sehr große Anforderungen an alle Interventionsstrategien^{3–6}. Innerhalb eines biologischen Behandlungskonzeptes konnte gezeigt werden, dass durch Replantation von Wurzelsegmenten ein fast vollständiger Erhalt aller alveolären Strukturen möglich ist. Die Extrusion dieser Wurzelsegmente führt zu einer koronalen Bewegung der angrenzenden alveolären Gewebestrukturen und damit zu einem zusätzlichen Gewinn an Hart- und Weichgewebe. Die Ergebnisse sind sehr vorhersagbar, langzeitstabil und genügen größten funktionellen und höchsten ästhetischen Ansprüchen^{7–9}. Damit sind weitreichende klinische Konsequenzen und behandlungsstrategische Optionen verbunden. Aufgrund der Langzeitstabilität können neue Indikationsbereiche, wie z. B. die Perio-, die partielle und totale Prothetik, erschlossen werden. Außerdem könnten Kombinationen mit bisher scheinbar konträren chirurgischen Verfahren zu schonenderen, effizienteren und schnelleren Behandlungsstrategien führen¹⁰. Um dieses biologische Konzept optimieren zu können, muss in diesem Zusammenhang die Frage geklärt werden, welche Erfolgsparameter für den Erhalt und die Regeneration der vertikalen und horizontalen alveolären Dimension von Bedeutung sind, besonders vor dem Hintergrund, den Erhalt und die Regeneration alveolärer Strukturen entlang der drei Raumkoordinaten selektiv steuern zu können.

Bei der Suche nach den Erfolgsparametern, die für den Erhalt oder die Regeneration der horizontalen alveolären Dimension verantwortlich sind, kann auf ein evidenzbasiertes Therapiekonzept aus der Kieferorthopädie zurückgegriffen werden. So bewirkt eine körperliche translative Bewegung eines Zahnes im Bereich der Druckzonen einen Abbau und im Bereich der Zugzonen einen Aufbau der angrenzenden Gewebe-

strukturen. Der regenerierte Knochen in der Zugzone hat die Dimension der den Zahn umfassenden Alveole. Dies erfolgt auch dann, wenn Zähne körperlich translativ in alveoläre Bereiche bewegt werden, die von den resorptiven Prozessen eines Zahnverlustes bereits betroffen sind. Es ist daher verständlich, dass dieses evidenzbasierte orthodontische Verfahren zur nichtchirurgischen Gestaltung eines Implantatlagers angewendet wird^{11–13}. Von besonderer Bedeutung scheint dabei die Tatsache zu sein, dass das Ausmaß der horizontalen alveolären Regeneration durch den Durchmesser des Zahnes bestimmt wird. Setzt man dieses klinische Ergebnis in Bezug zu den strukturellen Veränderungen, die nach dem Verlust oder bei der Extrusion eines Zahnes ablaufen, so wird ein Einfluss der Form und der zeitlichen Anbindung eines Replantates durch den Reparaturprozess deutlich. Denn die Extraktion führt zu einem kompletten Verlust der funktionellen Anbindung und deshalb zu den umfangreichen resorptiven Prozessen. Mit der Dauer einer fehlenden funktionellen Anbindung nehmen die Resorptionen bis zu einem gewissen Ausmaß zu. Dabei ist davon auszugehen, dass bereits kurz nach der Extraktion eines Zahnes diese Prozesse eingeleitet werden². Die Replantation eines avulsierten Zahnes bewirkt einen vollständigen Erhalt der alveolären Strukturen^{14–18}. Aufgrund der großen Formkongruenz erfolgt die funktionelle Neuanbindung sehr schnell. Bei der Extrusion eines Zahnes wird durch die suprakrestale Fibrrektomie der Informationsfluss zum supraalveolären Faserapparat unterbrochen^{19–25}. Der Zeitraum der Unterbrechung währt solange, bis durch das koronal bewegte parodontale Ligament und die Heilungsprozesse eine Wiederanheftung an der supraalveolären Faserstruktur erreicht wird^{26,27}. Fasst man diese klinischen Erkenntnisse zusammen, so lassen sich daraus erfolgsrelevante Parameter für die Replantation von Wurzelsegmenten ableiten. So ist im Interesse einer schnellen funktionellen Wiederanbindung der supraalveolären Faserstruktur die Replantation defektkongruenter Wurzelsegmente sehr wichtig. Denn die verkürzten Heilungsprozesse bedingen eine schnelle funktionelle Wiederanbindung. Damit könnten bereits eingeleitete resorptive Prozesse unterbrochen und somit der initial ausgeprägte Verlust an horizontaler Dimension unterbunden werden^{2,14,15,17}. Da sich an extrahierten Zähnen im zervikalen Bereich relativ häufig Wurzelareale befinden, die frei von parodon-





talem Ligament sind, ist die Gestaltung einer formkongruenten, zirkulär belegten Wurzelscheibe oft nicht möglich. Somit müsste mit mehreren, durchmesserreduzierten, orthograd eingebrachten Wurzelsegmenten eine defektkongruente Abdeckung der alveolären Wunde durchgeführt werden. Alternativ wäre aber auch eine defektkongruente Abdeckung durch ein horizontal replantiertes Wurzelsegment möglich. Da eine replantierte Wurzelscheibe mit biologischer Breite zur Übermittlung der wesentlichsten Informationen ausreichend ist, ist auch die Translation von Wurzelsegmenten zu fokussieren. Es wäre in diesem Zusammenhang von größtem Interesse, mit welchem Erfolg im Hinblick auf den Erhalt oder die Regeneration der horizontalen alveolären Dimension bei diesen speziellen Verfahrenstechniken gerechnet werden kann.

■ Verfahrenstechniken

Aufgrund der Erfahrungen, die in einem Zeitraum von ca. 8 Jahren gewonnen werden konnten, stellen sich die Verfahrenstechniken wie folgt dar:

1. Nach der schonenden Extraktion des Zahnes mit Hebel und Zange (ohne den Einsatz von Periostomen) wurde primär versucht, eine zervikale defektkongruente Wurzelscheibe zu bilden und zu replantieren (Abb. 1). Da dies aufgrund von zervikalen Defekten manchmal nicht möglich war, wurden im Interesse einer defektkongruenten Abdeckung aus apikalen Arealen kleinere, aber zirkulär mit Ligament bedeckte Wurzelscheiben gebildet. Mit maximal drei orthograd replantierten Segmenten wurde anschließend die Defektabdeckung durchgeführt. Alternativ wurde in verschiedenen klinischen Fällen unter anderem auch bei einem umfangreichen parodontalen Zerstörungsgrad ein defektkongruentes Wurzelsegment horizontal replantiert (Abb. 2).
2. Die Replantate wurden in die vollständig mit Blut gefüllte Alveole isoringival eingelegt. Die zervikalen defektkongruenten Wurzelscheiben wurden in der ursprünglichen Lage repositioniert. Sowohl bei der Replantation der kleineren, im Durchmesser reduzierten Segmente wie auch bei dem horizontal replantierten Wurzelsegment wurde auf einen direkten Kontakt zur bukkalen Lamelle geachtet. Die Wunden wurden mit einer

Miniplastschiene oder einem geeigneten Provisorium für 5 bis 10 Tage geschützt.

3. Während der Einheilphase waren die Replantate frei von mechanischer Belastung. Abhängig von der Defektkongruenz wurde nach einer Einheilzeit von 10 bis 30 Tagen ein Teil der Replantate extrudiert oder translativ bewegt.
4. Die anschließende Stabilisierungsphase betrug 6 bis 10 Wochen, um eine Auffüllung des alveolären Defektes durch die körpereigene Knochenregeneration zu ermöglichen.

■ Ergebnisse

Im Hinblick auf den Erhalt und die Regeneration alveolärer Strukturen und den besonderen Fokus auf die horizontale Dimension stellen sich die Ergebnisse wie folgt dar:

- Alle replantierten Wurzelsegmente heilten innerhalb von 10 bis 30 Tagen ein.
- Bei allen 3 Varianten einer defektkongruenten Abdeckung der alveolären Wunde war eine Unterstützung der supraalveolären Weichgewebemanschette erkennbar (Abb. 1 bis 3).
- Die Replantation von zervikalen defektkongruenten Wurzelscheiben führte zu dem umfassendsten Volumenerhalt in allen 3 Raumrichtungen (s. Abb. 2).
- Die Extrusion der eingehielten Wurzelsegmente induzierte einen zusätzlichen vertikalen Gewinn der alveolären Weich- und Hartgewebe (s. Abb. 1 und 2).
- Translative Bewegungen bewirkten eine Regeneration der alveolären Gewebe, die der Bewegungsrichtung nachfolgt. Die horizontale Bewegung führte zu einem beträchtlichen horizontalen Dimensionsgewinn (s. Abb. 2 und 3).
- Die Ergebnisse sind langzeitstabil oder zeigen nur geringe strukturelle und das Volumen betreffende Veränderungen entlang der drei Raumkoordinaten.
- Die Ergebnisse der replantierten Wurzelsegmente sind mit den Ergebnissen von hoffnungslosen Zähnen im Hinblick auf die Extrusion und Translation vergleichbar (Abb. 1 bis 5).
- Die Ergebnisse sind vorhersagbar und genügen sowohl größten funktionellen und höchsten ästhetischen Ansprüchen.

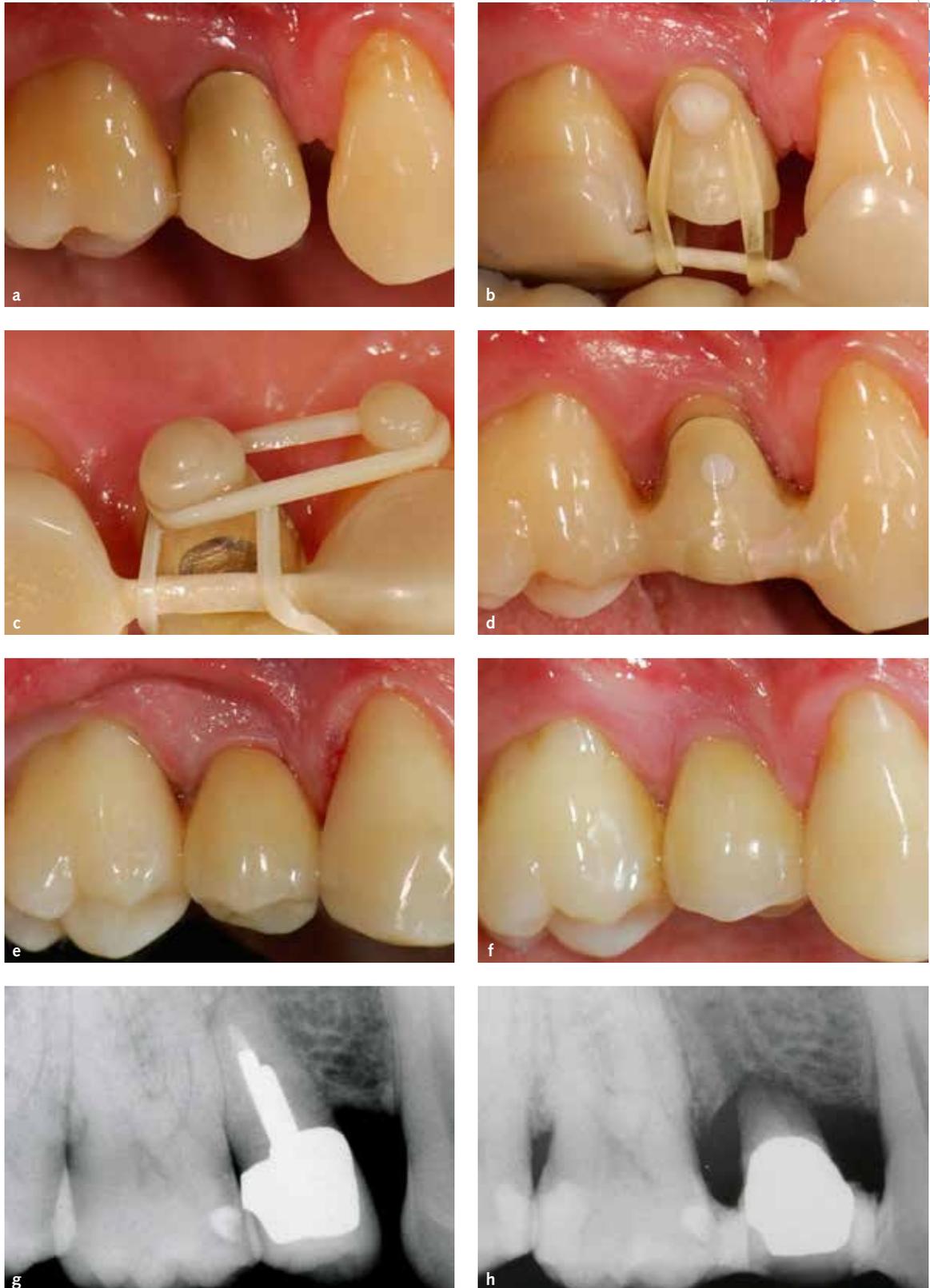
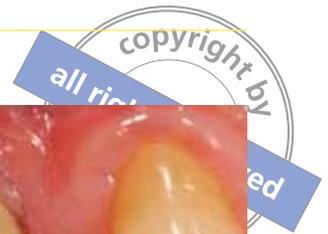
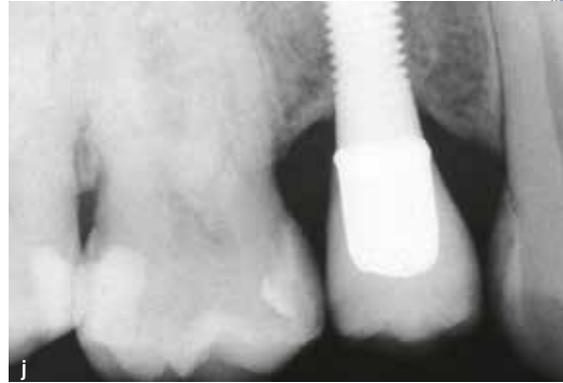


Abb. 1 Extrusion und körperliche translative Mesialbewegung eines orthograd replantierten zervikalen Wurzelsegmentes induzieren eine nachfolgende Bewegung der **befestigten** Gingiva und des alveolären Knochens. a) klinische Ausgangssituation; b) Extrusion des orthograd replantierten zervikalen Wurzelsegmentes; c) translative Mesialbewegung; d) Regenerationsphase; e) Weichgewebestruktur und implantatprothetische Versorgung nach Eingliederung; f) Ergebnis nach 6 Jahren; g) röntgenologische Dokumentation der Ausgangssituation, kein erkennbarer interdentaler Knochen; h) Regenerationsphase; i) implantatprothetische Versorgung auf einem einteiligen Aesthura® Immediate Implantat (Nemris, Neukirchen); j) Ergebnis nach 6 Jahren.



- Die angegebenen Verfahrenstechniken sind einfach, für die Patienten wenig belastend und jederzeit unter Praxisbedingungen durchzuführen.

■ Diskussion

Ein ästhetischer und dauerhafter implantatprothetischer Erfolg ist von der Qualität, dem Volumen und der Form des Implantatlagers abhängig. Damit kommt der vertikalen und horizontalen Dimensionierung des Alveolarkammes eine große Bedeutung zu. Im Rahmen eines biologischen Behandlungskonzeptes konnte gezeigt werden, dass mit der Replantation von Wurzelsegmenten ein nahezu vollständiger Erhalt und mit deren Extrusion ein vertikaler Gewinn an alveolärem Gewebe möglich ist^{7-9,26,27}. Die damit verbundenen weitreichenden Konsequenzen und behandlungsstrategischen Optionen werfen vor allem die Frage auf, ob dieses biologische Konzept eine Optimierung erfahren kann. Deshalb ist es sehr wichtig, die Erfolgsparameter für den Erhalt wie auch die Regeneration zunächst zu definieren. Im Anschluss daran kann die Möglichkeit einer selektiven Steuerung dieser Prozesse entlang der 3 Raumkoordinaten analysiert werden. Dabei wird deutlich, dass vor allem der therapeutischen Intervention im Hinblick auf den Erhalt und die Regeneration der horizontalen alveolären Dimension eine sehr große Bedeutung zukommt. Innerhalb des ersten Jahres nach Extraktion gehen 52 % der bukkalen Kammbreite verloren. Zwei Drittel der Resorption finden innerhalb der ersten 3 Monate statt^{1,2}. Bei der Suche nach den erfolgsrelevanten Parametern ist eine Analyse der strukturellen und funktionellen Zusammenhänge eines evidenzbasierten orthodontischen Therapiekonzeptes sehr

hilfreich. Denn eine körperliche, translative Bewegung von Zähnen initiiert einen alveolären Umbauprozess, der zu einer umfassenden horizontalen Dimension führt¹¹⁻¹³. In Verbindung mit den reaktiven Prozessen, die nach der Extraktion bzw. Replantation eines Zahnes ablaufen, lässt sich ein Erfolgsparameter bereits erkennen. Besonders deutlich wird dieser Zusammenhang, wenn auch die strukturellen Prozesse, die bei der suprakrestalen bzw. internen Fibrektomie ablaufen, analysiert werden. Denn die Formkongruenz von Zahn und alveolärem Defekt bestimmt nicht nur das Ausmaß des Volumenerhalts, sondern auch die Geschwindigkeit der regenerativen Prozesse. Es ist also in jedem Fall eine möglichst große Formkongruenz von Defekt und Replantat anzustreben, um ein Optimum an Prozesssteuerung zu erhalten. Man erhält weitere Optionen für eine Konzeptoptimierung, wenn replantierte Wurzelsegmente zur funktionellen Anbindung verwendet werden. So ist eine Wurzelscheibe mit biologischer Breite für die Übermittlung der wesentlichsten Informationen ausreichend. Ein elementarer Vorteil besteht darin, dass Wurzelsegmente eine größere Reaktionsbereitschaft zeigen. Gleichzeitig laufen in der verschlossenen Alveole und durch den Erhalt des gingivalen Gefäßplexus die regenerativen Prozesse schneller ab. Klinische Fallanalysen legen den Schluss nahe, dass auch bei replantierten Wurzelsegmenten in einer defektbezogenen funktionellen Anbindung der supraalveolären Faserstruktur der entscheidende Erfolgsfaktor zu finden ist. So führen defektkongruente, mit parodontalem Ligament behaftete replantierte Wurzelsegmente zu einem nahezu vollständigen Erhalt der horizontalen alveolären Dimension. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Wurzelsegmente nicht orthograd, sondern horizontal replantiert werden. Dagegen lassen inkon-

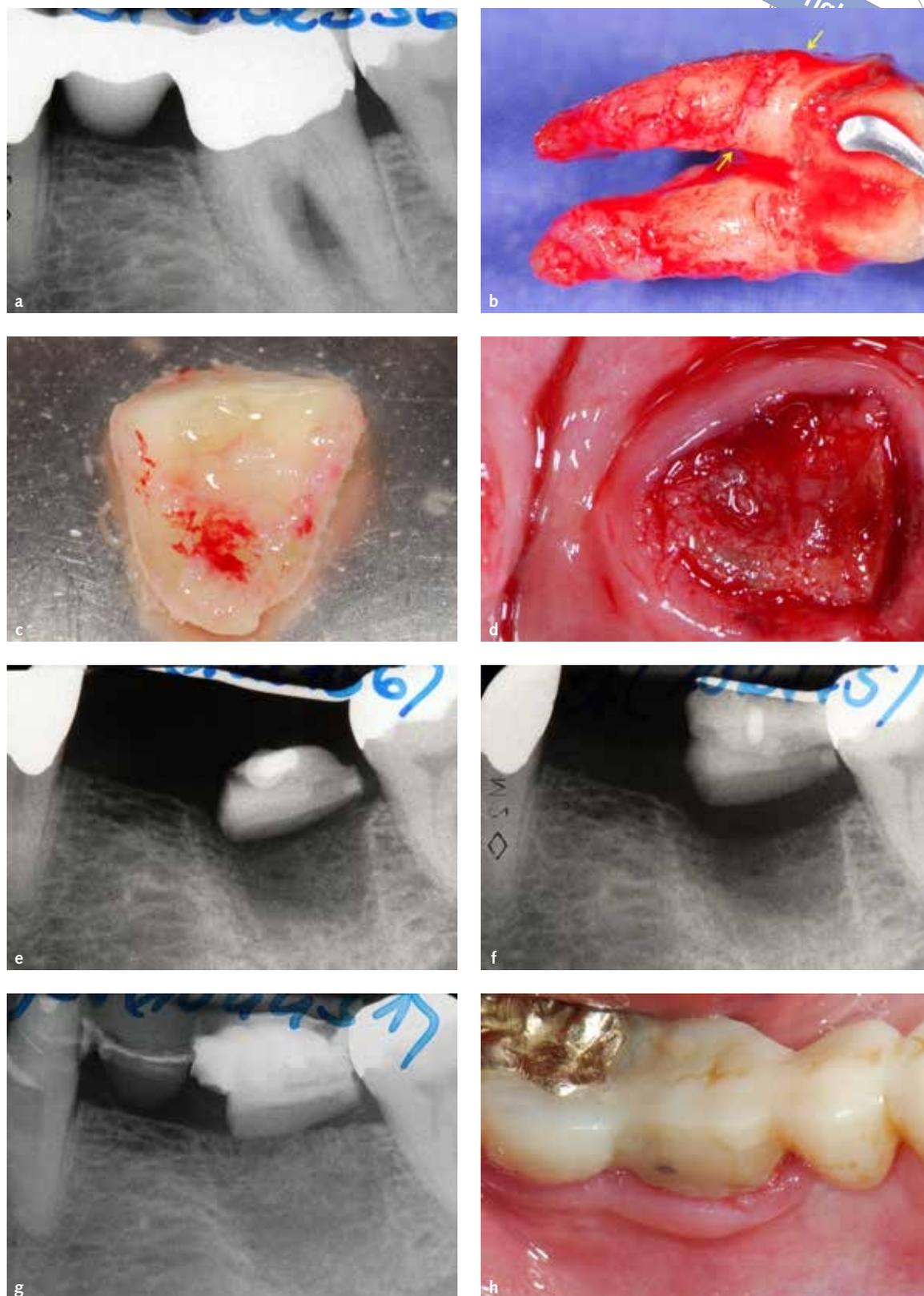


Abb. 2 Horizontale Replantation eines defektkongruenten Wurzelsegmentes. a) umfangreicher parodontaler Defekt im Bereich der Bifurkation; b) extrahierter Zahn (gelber Pfeil = Begrenzung des ligamentären Ansatzes); c) mit parodontalem Ligament bedecktes mesiales Wurzelsegment; d) horizontal eingelegtes Segment; e) röntgenologische Kontrolle der parodontalen Wiederanheftung; f) Extrusionskontrolle; g) alveoläre Defektauffüllung durch körpereigenen Knochen; h) Erhalt des quadrangulären Molarenprofils.



Abb. 3 Die translative labiale Bewegung eines orthograd replantierten Wurzelsegmentes zur Vergrößerung der horizontalen alveolären Dimension im Unterkiefer. a) klinische Ausgangssituation; b) Verbreiterung der marginalen **befestigten** Gingiva; c) Vergrößerung der horizontalen alveolären Dimension; d) ausreichend breite **befestigte** Gingiva im Bereich der implantatprothetischen Versorgung in Regio 33/34.

gruente Replantate nur ein reduziertes Erhaltungs- und Regenerationspotenzial erkennen. Um die horizontale alveoläre Dimension positiv zu beeinflussen, kann mit translativen Bewegungen von Wurzeln und Wurzelsegmenten eine entsprechende Steuerung des Informationsflusses durchgeführt werden²⁸. So zeigt die labiale Bewegung der Wurzel eines hoffnungslosen Zahnes einen entsprechend labial gerichteten alveolären Regenerationsprozess. Unterbleibt diese Bewegung, so ist die Regeneration der horizontalen Dimension reduziert (s. Abb. 4 und 5).

Klinische Fallanalysen zeigen auf, dass Translationsbewegungen von Wurzelsegmenten ein gleichgerichtetes Follow-up der angrenzenden Gewebestrukturen initiieren (s. Abb. 1 und 3). Dies betrifft sowohl die angewachsene Gingiva als auch den alveolären Knochen²⁸. Die struktur- und volumenerhaltenden Maßnahmen können dadurch wesentlich einfacher gestaltet werden. Die klinischen Ergebnisse sind sehr vorhersagbar und genügen höchsten Ansprüchen. Die Belastung der Patienten wird minimiert.

■ Schlussfolgerungen

- Die Replantation, Extrusion und die körperliche, translative Bewegung von Zähnen sind evidenzbasierte Verfahren. Sie führen bei vielfältigen Indikationen zu sehr vorhersagbaren klinischen Ergebnissen^{28–35}.
- Die Replantation, Extrusion und die translative Bewegung von Wurzelsegmenten ermöglichen einen Erhalt und einen vertikalen bzw. horizontalen Gewinn von alveolärem Gewebe. Dabei werden das natürliche Wundheilungspotenzial, die bewegungsinduzierte Geweberegeneration und die hohe Reaktionsbereitschaft des alveolären Gewebes genutzt^{7–9,35}.
- Die klinischen Ergebnisse sind vorhersagbar und lassen nur ein geringes Volumendefizit in allen drei räumlichen Richtungen erkennen.
- Die Ergebnisse genügen großen funktionellen und auch höchsten ästhetischen Ansprüchen. Sie sind denen augmentativer Techniken ebenbürtig.



Abb. 4 Die Extrusion von „hoffnungslosen“ Zähnen ohne translative labiale Bewegung induziert eine vorwiegend vertikal gerichtete alveoläre Regeneration. Die horizontale alveoläre Dimension bleibt unberücksichtigt. a) klinische Ausgangssituation von palatinal; b) Extrusion der Zahnwurzeln von 21 und 22; c) Verbreiterung der **befestigten** Gingiva; d) Verlust an horizontaler Dimension ohne eine translative Bewegung der Wurzel von Zahn 21.



Abb. 5 Die Extrusion von „hoffnungslosen“ Zähnen bewirkt eine umfangreiche Regeneration des alveolären Hart- und Weichgewebes. Bei großen Kräften ist eine sehr schnelle Reaktion der Weichgewebestrukturen erkennbar. Die translative labiale Bewegung der Wurzel von 11 bewirkt eine Rekonstruktion der Juga alveolaria. a) klinische Ausgangssituation mit umfangreichen Gewebedefekten; b) röntgenologische Ausgangssituation.

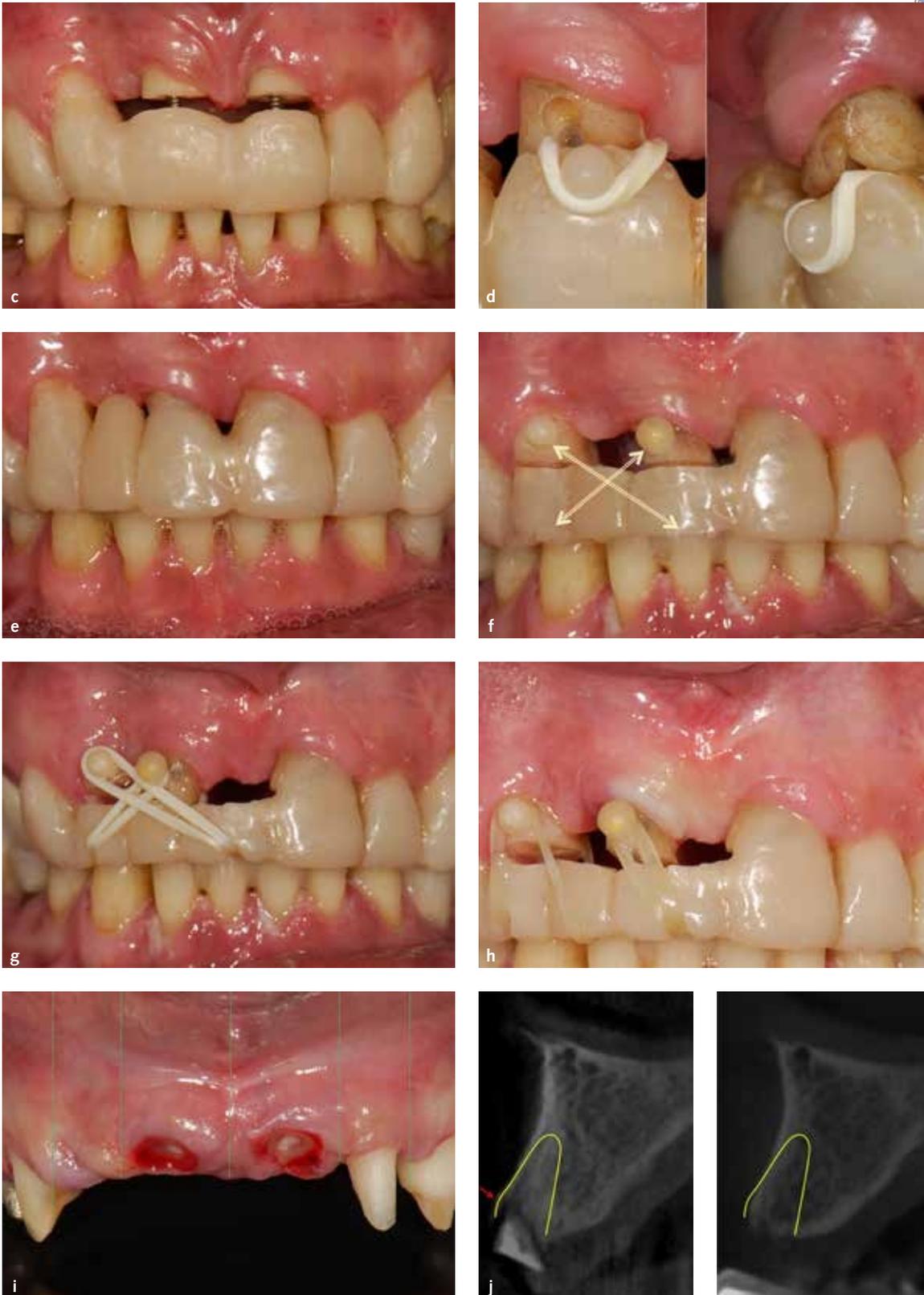


Abb. 5 Die Extrusion von „hoffnungslosen“ Zähnen bewirkt eine umfangreiche Regeneration des alveolären Hart- und Weichgewebes. Bei großen Kräften ist eine sehr schnelle Reaktion der Weichgewebestrukturen erkennbar. Die translative labiale Bewegung der Wurzel von 11 bewirkt eine Rekonstruktion der Juga alveolaria. c) Extrusion der Wurzeln von 11 und 21 mit großen Federkräften; d) Labialbewegung der Wurzeln zur Formung der Juga alveolaria; e) Regenerationsphase; f) angestrebte Translation der Zähne 11 und 12; g) klinisches Ergebnis nach 1 Tag; h) nach weiteren 5 Minuten; i) umfangreiche alveoläre Regeneration nach 10 Wochen; j) umfangreiche horizontale Regeneration im DVT und nach 4,5 Jahren.

- Die klinischen Ergebnisse sind langzeitstabil, wodurch neue Indikationsbereiche erschlossen werden können.
- Die Verfahrenstechniken sind einfach, minimalinvasiv sowie zeit- und kostenorientiert.
- Es sind Kombinationen mit scheinbar konträren chirurgischen Verfahren möglich. Dadurch könnten schonendere, effizientere und schnellere Behandlungsstrategien entwickelt werden.
- Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um das gesamte Potenzial dieses neuen biologischen Behandlungskonzeptes ermitteln zu können.

■ 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. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. 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.
3. Bayerlein T, Proff P, Fanghänel J, Kauschke E, Rumpel E, Gerike W, Bienengraber V, Gedrange T. Wound management after the application of bone grafting substitutes in the orofacial region. *Folia Morphol (Warsz)* 2006;65:89–91.
4. Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1111–1118.
5. Morjaria KR, Wilson R, Palmer RM. Knochenheilung nach Zahnextraktion mit und ohne augmentative Maßnahmen: Ein systematischer Review anhand randomisiert kontrollierter Studien. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012 Mar 8 [Epub ahead of print].
6. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, et al. Chirurgisches Verfahren zum Erhalt des Alveolarkamms nach Zahnextraktion. Ein systematisches Review. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(Suppl 5):22–38.
7. Hopmann S, Neumeyer S, Hannker C, Stelzel M, Thein T, Lampson C. Biologische Aspekte – Eine implantatprothetische Versorgung nach traumainduziertem Frontzahnverlust. *Teamwork Das Magazin für den ambitionierten Zahnmediziner* 2013;16:54–65.
8. Neumeyer S, Hopmann S, Stelzel M. Ein neues biologisches Konzept zur Implantatoptimierung. *Z Zahnärztl Implantol* 2013;29:139–146.
9. Neumeyer et al. Ein biologisches Behandlungskonzept für die Extraktionsalveole. *Implantologie* 2014;22:149–158.
10. Capri D, Albehbehani Y, Smukler H. Augmentation of an anterior edentulous ridge for fixed prosthodontics with combined use of orthodontics and surgery: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2003;90:111–115.
11. Diedrich P (Hrsg.). *Kieferorthopädie III Therapie*, 4. Auflage. München/Jena: Urban & Fischer, 2002.
12. Zachrisson BU. Orthodontic tooth movement to regenerate new alveolar tissue and bone for improved single aesthetics. Abstract University of Oslo, Norway.
13. Zachrisson BU. Können wir auf Chirurgie verzichten? Kieferorthopädische Harmonisierung des Gingivaverlaufes. *Praxis-tage in München* 2004; Vortrag 11.12.2004.
14. Filippi A. Zahntransplantation. Biologischer Zahnersatz für Kinder, Jugendliche und manche Erwachsene. Berlin: Quintessenz, 2009.
15. Houston F, Sarhed G, Nyman S, Lindhe J, Karring T. Healing after root reimplantation in the monkey. *J Clin Periodontol* 1985;12:716–727.
16. Nasijeti CE, Caffesse RG, Castelli WA, Hoke JA. Healing after tooth reimplantation in monkeys. A radioautographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975;39:361–375.
17. Polimeni G, Xiropaidis AV, Wikesjö UM. Biology and principles of periodontal wound healing / regeneration. *Periodontology* 2000 2006;41:30–47.
18. Schatz JP, Dubrez B, Roehrich N. Muco-gingival and periodontal health recovery following reimplantation of teeth. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:216–220.
19. Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J, Thilander B, Liljenberg B. Periodontal tissue reactions to orthodontic extrusion: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 1991;18:330–336.
20. Dannan A, Darwish MA, Sawan MN. The Orthodontic Extrusion Movements and the Periodontal Tissues. *Internet Journal of Dental Science* 2009;8:1–14.
21. Kajiyama K, Murakami T, Yokota S. Gingival reactions after experimentally induced extrusion of the upper incisors in monkeys. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993;104:36–47.
22. Lindhe J, Karring T, Lang NP. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 4. Auflage. Wiley-Blackwell Publishing; 2003/2005.
23. Malmgren O, Malmgren B, Frykholm A. Rapid orthodontic extrusion of crown root and cervical root fractured teeth. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:49–54.
24. Oppenheim A. Artificial Elongation of Teeth. *Am J Orthod* 1940;26:931–940.
25. Pikdoken L, Erkan M, Usumez S. Gingival response to mandibular incisor extrusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009;135:432–433.
26. 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.
27. Salama H, Salama M, Kelly J. The orthodontic-periodontal connection in implant site development. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8:923–932.
28. 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.
29. Amato F, Mirabella D, Macca U, Tarnow DP. Implant Site Development by Orthodontic Forced Extraction: A Preliminary Study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:411–420.
30. Danesh-Meyer MJ, Brice DM. Implant site development using orthodontic extrusion: a case report. *N Z Dent J* 2000;96:18–22.
31. König A, Hermann JS. Orthodontische Maßnahmen zur präimplantologischen Augmentation von Hart- und Weichgewebe. *Z Zahnärztl Impl* 2007;23:208–214.
32. Korayem M, Flores-Mir C, Nassar U, Olfert K. Implant site development by orthodontic extrusion. *Angle Orthod* 2008;78:752–760.
33. Maiorana C, Speroni S, Herford AS, Cicciu M. Schonende Zahnentfernung zur Verbesserung der parodontalen Hart- und Weichgewebssituation vor Implantatinsertion im ästhetisch sichtbaren Bereich mittels schrittweiser kieferorthopädischer Extrusion. *Opden dent J* 2012;6:137–142.
34. Mantzikos T, Shamus I. Forced eruption and implant site development: soft tissue response. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997;112:596–606.
35. Spear FM, Kokich VG. A multidisciplinary approach to esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007;51:487–505.

Preservation and regeneration of the horizontal alveolar dimension within a biologic treatment concept: Replantation, extrusion, and translation of root segments

KEYWORDS *horizontal dimension, preservation, regeneration, replantation, extrusion, translatory movement, biologic tissue management*

The loss of a tooth starts resorptive processes that usually lead to extensive tissue losses. From a functional as well as an esthetic point of view, this presents great challenges to preservation, augmentation, and regenerative intervention strategies. Within the scope of a biologic treatment concept, it could be shown that replantation of teeth and root segments allows an almost complete preservation of all alveolar structures. The extrusion of teeth and replanted root segments leads to coronal movement of the adjacent alveolar bone and marginal attached gingiva. This carries some consequences and allows some completely new treatment strategies. It has to be clarified which success parameters are of relevance for the three-dimensional preservation and regeneration of the alveolar structures. Concerning the horizontal alveolar dimension, clinical case analyses suggest that a functional connection of the supra-alveolar fiber structure congruent to the shape of the alveolar defect is one major success parameter. Thus, replanting tooth roots or root segments that are defect-congruent or circularly covered with periodontal ligament allows almost complete preservation of the horizontal alveolar dimension. Ideally, this is the case at replantation of an avulsed tooth or a cervical root slice. This can also be successful if defect congruence can be accomplished by several orthogradely replanted root slices or a horizontally replanted root segment. In case of an incongruent defect coverage, this preservative and regenerative potential can only be seen partly (or not at all). Based on these clinical findings, biologic tissue management shows big advantages compared with surgical intervention strategies. For example, the structure- and volume-preserving as well as the regenerative measures become easier. The clinical results are predictable and comply with the highest standards, and the stress level for the patient is significantly minimized.

