

Vertikale Distraktionsosteogenese des Alveolarfortsatzes zur Versorgung mit Implantaten

Die kaufunktionelle Rehabilitation eines Patienten ist nicht zuletzt von der Qualität und dem Volumen des vorhandenen Kieferknochens abhängig. Oft ist der vertikale Aufbau des Kieferknochens für den implantologisch tätigen Zahnarzt eine Herausforderung. Unterschiedliche Verfahren von der Transplantation körpereigenen Knochens bis hin zum Einsatz von Knochenersatzmaterialien wurden bis anhin beschrieben, auch vielfach kontrovers diskutiert. Die vertikale Distraktion stellt eine Alternative zum präimplantologischen Aufbau des höhengeminderten Knochens dar. Eine Technik, die gewisse Vorteile gegenüber den herkömmlichen augmentativen Verfahren aufweist.

J. Thomas Lambrecht und Sinisa Ostojic
Klinik für zahnärztliche Chirurgie, -Radiologie,
Mund- und Kieferheilkunde, Zentrum für Zahnmedizin
der Universität Basel

Schlüsselwörter: Distraktion, Implantate, Alveolarfortsatz

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Dr. J. Th. Lambrecht
Klinik für zahnärztliche Chirurgie, -Radiologie,
Mund- und Kieferheilkunde
Hebelstrasse 3
CH-4056 Basel/Schweiz
Tel. ++41-61-267 2606
Fax ++41-61-267 2607
E-Mail: J-Thomas.Lambrecht@unibas.ch

(Texte français voir page 28)

Einleitung

Der höhenreduzierte Alveolarfortsatz stellt hohe Anforderungen an den chirurgisch tätigen Zahnarzt, und der Erfolg der prothetischen Versorgung hängt von der adäquaten Höhe und Breite des Implantatbettes und dessen Knochenqualität ab. Gründe für eine Höhenverringerung des Alveolarfortsatzes sind Unfallfolgen, Tumorerkrankungen, kongenitale Deformationen und eine durch Zahnverlust bedingte Kieferatrophie. Man unterscheidet zwischen horizontaler und vertikaler Kammaugmentation. Aufwändige Techniken wie freie Knochentransplantate (NYSTRÖM et al. 1993, TRIPPLET & SCHOW 1996), gesteuerte Knochenregeneration (CAPLANIS et al. 1997) und alloplastische Materialien können beim Aufbau des Alveolarfortsatzes verwendet werden.

Fernröntgen seitliche Aufnahme (Ausschnitt). Ende der Distraktionsphase (Fall 1).

Téléradiographie (détail) à la fin de la phase de distraction active (cas no. 1).

Beim Einsatz von freien Knochentransplantaten ist die Morbidität höher und eine gewisse Knochenresorption wird erwartet. Relativ kleine Defekte können mit der GBR-Technik therapiert werden und alloplastische Materialien sind als Implantatbett ungeeignet. Bei grösseren Defekten in Kombination mit der gleichzeitigen oder verzögerten Insertion von Implantaten stellt das Knochentransplantat, zumeist vom kortikospongiosen Beckenspan entnommen, die Behandlungsmethode der ersten Wahl dar (TRIPPLET & SCHOW 1996, SCHLIEPHAKE et al. 1997). Schon früh wurde in diesem Zusammenhang die Spenderregionproblematik beschrieben (LAURIE et al. 1984, KESTEL et al. 1985). Als bedeutsam und auch begrenzend für die Akzeptanz durch den Patienten erweist sich in der klinischen Indikationsstellung die Entnahmemorbidität.

Die Erfahrungen von BLOOMQUIST & TURVEY (1992) zeigten, dass die subjektive postoperative Beeinträchtigung durch die Spenderregion von Patientenseite gravierender gewertet wird als die Belastung durch den Eingriff im Gesichtsschädelbereich.

Mit der Distractionsosteogenese wird ein augmentatives Verfahren als Alternative angeboten. Dieses Verfahren ist schon seit längerer Zeit in der Orthopädie und Unfallchirurgie bekannt und wurde von ILIZAROV (1971) erstmals beschrieben. Die Technik der Distraction im Gesichtsbereich nutzten MCCARTHY et al. (1992) und KLEIN (1994) mit einer extraoralen Apparatur zur sagittalen Verlängerung hypoplastischer Unterkiefer. Distraktoren mit intraoralen Apparaturen wurden bei MCCARTHY et al. (1995) und WANGERIN (1995) beschrieben und seit einigen Jahren ist die Osteodistraction im Schädel- und Gesichtsbereich ein anerkanntes Verfahren (BLOCK et al. 1996, CHIN & TOTH 1996, HIDDING et al. 1998; KUNKEL et al. 1999, GAGGL & RAINER 1998, ZECHNER et al. 2001).

Seit Einführung der Distraction ist es möglich, lokalisiert den Alveolarkamm zu distrahieren um dann sekundär in den neu gewonnenen Knochen Implantate zu inserieren. Dies soll an je einem Beispiel im UK und OK vorgestellt werden.

Material und Methoden

Verwendet wurden die vertikalen Distraktoren aus Titan (Martin Medizintechnik, Tuttlingen, D) im Mikroplattendesign TRACK (Tissue Regeneration by Alveolar Callusdistraction, Köln) (Abb. 1). Die Titanlegierung entspricht in der Zusammen-



Abb. 1 Intraoraler Distraktor im Mikroplattendesign TRACK 1.0 mit dem dazugehörigen Bohrer.

Fig. 1 Dispositif de distraction intrabuccale muni de deux ailettes de type microplaques TRACK 1.0, avec le foret y correspondant.

setzung den Anforderungen der American Society for Testing and Materials (ASTM) für chirurgische Implantationsanwendungen. An der Schlittenmechanik sind Mikroplatten verschweisst, welche sich an die jeweiligen Knochenoberflächen anpassen lassen.

Die Mikroplatten werden mit Schrauben (Centre Drive®, Ausendurchmesser von 1,5 mm oder 1,0 mm) vestibulär am Knochen exzentrisch fixiert. Eine Drehung von 360° der Antriebseinheit entspricht einem Vorschub der Miniplatten bei TRACK 1,0 von 0,3 mm.

Die Distractionsosteogenese wird in 3 Phasen eingeteilt, welche den Behandlungsplan bestimmen (Abb. 2).

Casuistik 1

Die 16-jährige Patientin wurde nach UK-Frontzahnverlust, verursacht durch hämatogene Osteomyelitis, zur Rekonstruktion überwiesen. Der Ausgangsbefund wird röntgenologisch auf Abb. 3 und klinisch auf Abb. 4 demonstriert. In Lokalanästhesie erfolgte unter Schonung des Nervus mentalis die Schnittführung vestibulär bogenförmig (Abb. 5).

Um die Ernährungsfunktion des Periostes optimal zu gewährleisten, soll die Knochenfreilegung im Segment so gering wie möglich gehalten werden und nur soweit erfolgen, wie Platz für den jeweiligen Distraktor notwendig ist.

Die Miniplatten werden instrumentell konturiert und am freiliegenden Knochen adaptiert. Darauf wird der Distraktor mit jeweils 1 Schraube pro Platte fixiert und die Osteotomielinie

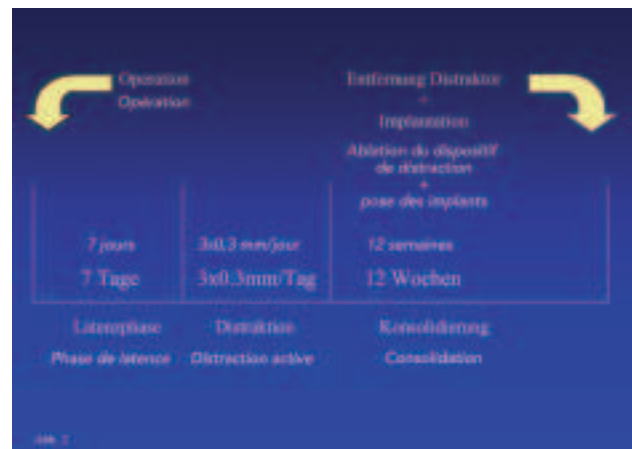


Abb. 2 Behandlungsschema bei Distractionsosteogenese.

Fig. 2 Schéma séquentiel du traitement lors de l'ostéogénèse par distraction.

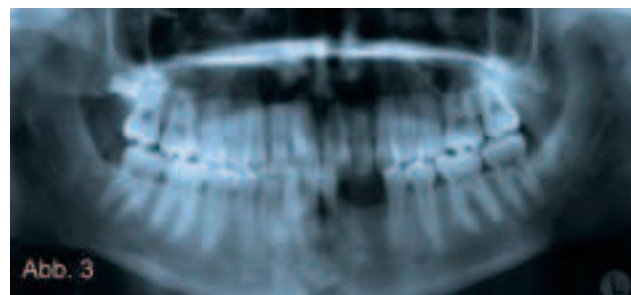


Abb. 3 Präoperative Panoramaschichtaufnahme mit Schaltlückensituation regio 32/33.

Fig. 3 OPG pré-opératoire illustrant la zone d'édentation intercalée au niveau des 32 et 33.

festgelegt. Danach wird das Gerät wieder entfernt, und mittels dünner Lindemannfräse bzw. mittels Piezochirurgie erfolgt die Osteotomie des zu distrahierenden Segmentes (Abb. 6). Anschliessend wird der Distraktor erneut fixiert und die interferenzfreie Funktion des zu mobilisierenden Alveolarfortsatzsegmentes



Abb. 4 Intraoraler Situs mit erheblicher vertikaler und horizontaler Knochenresorption.

Fig. 4 Vue intrabuccale illustrant la perte de substance importante, tant verticale qu'horizontale, de la crête alvéolaire.

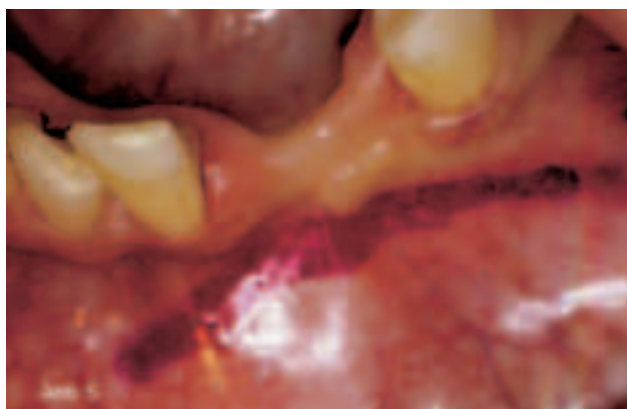


Abb. 5 Schnittführung vestibulär.

Fig. 5 Trait d'incision vestibulaire en arc.



Abb. 6 Intraoperativer Situs mit minimaler Knochenfreilegung und Osteotomie. Die linguale und krestale Mucosa sind unberührt.

Fig. 6 Vue intraopératoire après exposition minimale de l'os et ostéotomie. Les muqueuses linguale et crestale demeurent intactes.

mentes durch Drehen der Antriebsschraube überprüft. Ein Spalt von maximal 2 mm wird eingestellt der sich in der Ruhephase bis zum Beginn der Distraction durch Kallus überbrückt (Abb. 7). Bevor mit der Distraction begonnen werden kann, wird für 7 Tage die Latenzphase eingehalten. Dazu wird der Wundverschluss so gestaltet, dass der Distraktor störungsfrei nur wenige Millimeter durch die Schleimhaut in die Mundhöhle tritt.

Nach sieben Tagen beginnt die Distraction unter Drehung der Antriebsschraube jeweils um 360° im Uhrzeigersinn pro Tag (Abb. 8). Dieses Vorgehen wird vom Patient selbst mit einem Spezial 6-Kant-Imbus-Schraubendreher mit federnd flexiblen Zwischenstück durchgeführt. Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen röntgenologisch den Ausgangsbefund und den Endbefund der Distractionphase.

Nach einer weiteren Konsolidierungsphase von 12 Wochen erfolgt die operative Entfernung des Distraktors und das gleichzeitige Einsetzen von Implantaten, Abbildung 11 zeigt die abschliessende prothetische Versorgung.

Casuistik 2

Der 18-jährige Patient wurde nach Frontzahntrauma und fehlgeschlagener Replantation der Zähne 11 und 21 zur weiteren



Abb. 7 Der Distraktor wird am osteotomierten Segment fixiert und dann aktiviert zur Durchführung der Funktionsprüfung.

Fig. 7 Le dispositif de distraction est fixé de part et d'autre du trait d'ostéotomie, puis activé pour en vérifier le bon fonctionnement.



Abb. 8 Die Aktivierung des Distraktors kann durch den Patienten selbst mit dazugehörigem Schraubenschlüssel vorgenommen werden.

Fig. 8 Le patient peut activer lui-même le dispositif de distraction à l'aide d'un tourne-vis à tête imbus.

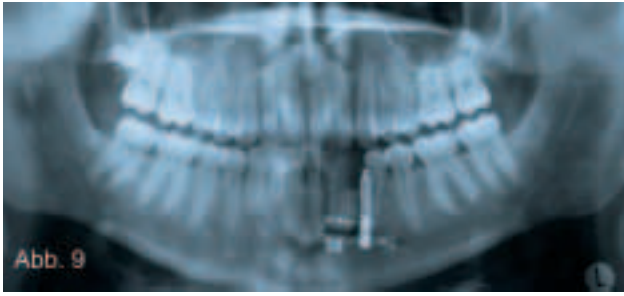


Abb. 9 Panoramaschichtaufnahme unmittelbar postoperativ mit Distraktor in Ausgangsposition.

Fig. 9 OPG immédiatement après insertion du dispositif de distraction, montré ici dans sa position initiale.

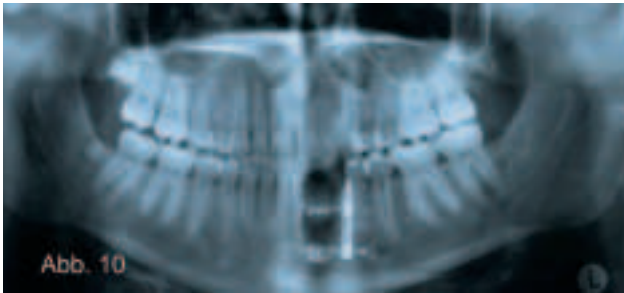


Abb. 10 Panoramaschichtaufnahme am Ende der Distraktionsphase.

Fig. 10 OPG à la fin de la phase de distraction.



Abb. 11 Klinische Situation einen Monat nach Einsetzen der Kronen.

Fig. 11 Vue clinique un mois après a pose des couronnes définitives.

Versorgung überwiesen. Allgemeinmedizinisch bestanden keine Kontraindikationen gegen Implantate. Das knöcherne Angebot liess eine direkte Implantation nicht zu, Abbildung 12 zeigt die klinische Ausgangssituation mit ausgeprägtem vertikalem und horizontalem Knochendefizit. Ebenso wie im vorangegangenen Fall wurde die Indikation zur Versorgung mittels Distraktor gestellt. Abbildung 13 zeigt die röntgenologische Ausgangssituation. Abbildung 14 zeigt die Fixation des Distraktors mit vestibulär liegender Schnittführung und geringer Elevation des Mukoperiostlappens im Bereich des zu mobilisierenden Alveolarfortsatzsegmentes. Abbildung 15 zeigt die Panoramaschichtaufnahme unmittelbar nach Abschluss der Distraction und Abbildung 16 zeigt die reizlosen Schleimhautverhältnisse vor Entfernung des Distraktors sowie das gewonnene Volumen im



Abb. 12 Klinische Ausgangssituation mit ausgeprägtem vertikalem und horizontalem Knochendefizit.

Fig. 12 Situation clinique initiale illustrant la perte de substance importante, tant verticale qu'horizontale, de la crête alvéolaire.

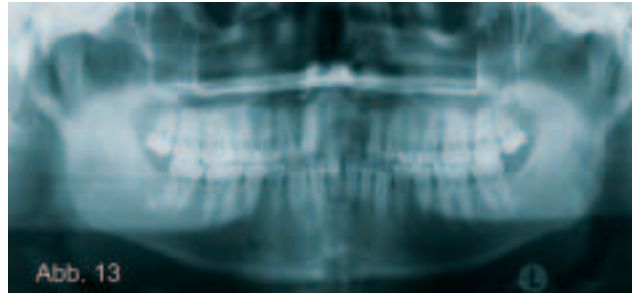


Abb. 13 Präoperative Panoramaschichtaufnahme mit Schalllückensituation regio 11/21.

Fig. 13 OPG préopératoire illustrant la zone d'édentation intercalée au niveau des 11 et 21.

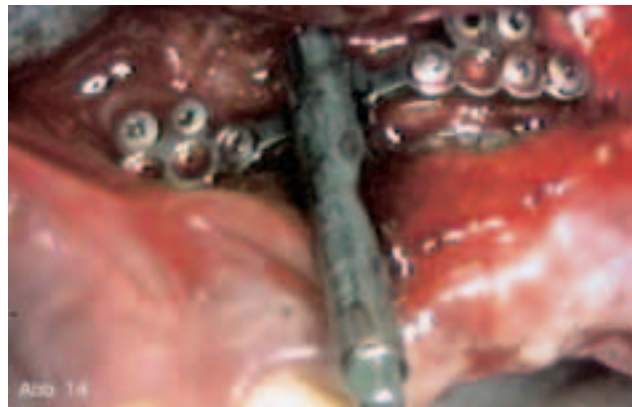


Abb. 14 Fixation des Distraktors. Die Schnittführung liegt vestibulär. Der Mukoperiostlappen soll so gering wie möglich gehalten werden.

Fig. 14 Fixation du dispositif de distraction. A noter le trait d'incision vestibulaire et la préparation minimale du lambeau muco-périosté.

Vergleich zu Abbildung 12. Hinzuweisen ist auf das korrekte Anlegen des Distraktors unter Berücksichtigung des Vektors zur Bestimmung der Distraktionsrichtung. Gerade im OK-Frontzahnbereich muss darauf geachtet werden, dass kein allzu starker Zug nach palatinal entsteht.

Abbildung 17 zeigt den intraoperativen situs beim Entfernen des Distraktors mit der gewonnenen Hartschubstanz zwischen kranio-

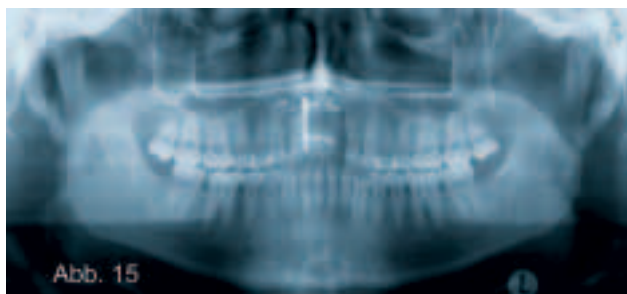


Abb. 15 Panoramaschichtaufnahme unmittelbar nach Abschluss der Distraction.

Fig. 15 OPG à la fin de la phase de distraction.



Abb. 18 Insertion von 2 Straumann-Implantaten regio 11/21.

Fig. 18 Insertion de deux implants Straumann dans la région des 11 et 21.



Abb. 16 Reizlose Schleimhautverhältnisse vor der Entfernung des Distraktors.

Fig. 16 Situation clinique à la fin de la phase de distraction: absence de toute inflammation de la muqueuse avant la dépose du dispositif de distraction.



Abb. 17 Intraoperativer Situs beim Entfernen des Distraktors mit deutlichem Plus an Hartsubstanzbildung.

Fig. 17 Vue intraopératoire lors de la dépose du dispositif de distraction: à noter le gain significatif de tissu osseux entre les points de fixation inférieurs et supérieurs.

alen und kaudalen Fixationspunkten. Anschliessend wurden zwei Straumann®-Implantate regio 11/21 inseriert (Abb. 18). Der Zahn 12 musste vorgängig nach klinischen Beschwerden endodontisch behandelt werden. Abbildung 19 zeigt den Zahnfilm ein halbes Jahr nach Insertion der Implantate. Die prothetische Versorgung ist anhängig. Abbildung 20 zeigt die vorläufige prothetische Versorgung.



Abb. 19 Zahnfilm ein halbes Jahr nach Insertion der Implantate. Zahn 12 wurde vorgängig nach klinischen Beschwerden endodontisch behandelt.

Fig. 19 Situation six mois après l'insertion des deux implants. Sur la 12, un traitement endodontique a été effectué auparavant, en raison de symptômes cliniques.

Diskussion

Der positive Begleiteffekt der Kallusdistraction liegt in der Verbesserung der lokalen Weichteilsituation (BLOCK et al. 1996, CHIN & TOTH 1996). Beim freien Knochentransplantat ist der limitierende Faktor das begrenzte Weichteillager und zugleich die Ursache der meisten lokalen Komplikationen. Da das freie Knochentransplantat primär keine Vermehrung der Mukosa bewirkt, wird oft trotz umfangreicher Mobilisierung des Mukoperiostlappens die Belastungsgrenze des Transplantatlagergewebes erreicht. Ein weiterer Nachteil ist in der Verlagerung der fixierten Gingiva aus dem krestalen Bereich nach oral zu sehen, sodass



Abb. 20 Vorläufige prothetische Versorgung regio 11/21.

Fig. 20 Reconstruction prothétique temporaire par deux couronnes provisoires.

später um die Implantate mobile, minderwertige Mukosa als periimplantäres Weichteillager verbleibt (KUNKEL et al. 1999). Ein Verzicht auf eine autologe Knochenentnahme (HIDDING et al. 1998, ZECHNER et al. 2001) geringe Resorption, niedrige Infektions- und Morbiditätsraten sind Vorteile der Distraction. Der grösste Nachteil dieser Technik ist in der schwierigen Kontrolle des Knochensegmentes während der Distraction zu suchen (RAGHOEBAR et al. 2000).

Die Distractionsosteogenese lässt sich in 3 Phasen einteilen. Die Latenz-, Distraction- und Konsolidierungsphase. Die Latenzphase gilt als Zeit vom chirurgischen Eingriff bis zum Beginn der Distraction, die Distractionphase als Zeit in der aktiv distrahirt wird und die Konsolidierungsphase als Zeit, die der Knochen nach der Distraction zum vollständigen Ausheilen und Verknöchern benötigt. Bereits nach 4 Wochen wird im Distractionsspalt neuer Knochen gebildet, der sich bis zum 3. Monat in ein stabiles Netzwerk neugebildeten Knochens umwandelt. Histologisch wiesen YAMAMOTO et al. (1997) neue Knochenformationen zunächst entlang kollagener Fasern nach. Später wurde ein komplettes Knochenetzwerk vorgefunden. Die Ernährung des distrahirten Alveolarfortsatzsegmentes geschieht über das jeweilige Periost oder über die Mukosa. Deshalb sollte das Periost nur so wenig wie möglich freipräpariert werden.

Das vertikale Distractionverfahren bietet im Hinblick auf die kontinuierliche periostale Blutversorgung die Möglichkeit eines «gestielten» Transplantates.

Somit dürfte das Resorptionsverhalten deutlich geringer ausfallen als bei einer freien Knochen transplantation. Gemäss NEUKAM et al. (1989) beträgt die Resorption eines freien Knochen transplantates postoperativ innerhalb von drei Jahren nahezu 100% ohne gleichzeitige implantologische Versorgung. Mikrovaskuläre Knochen transplantate (mikrochirurgische Gefässnaht) weisen eine geringere Resorption auf, sind jedoch sehr aufwändig und in der Regel nur in der rekonstruktiven Chirurgie einsetzbar.

Die wesentlichen Vorteile der vertikalen Distractionsosteogenese sind:

1. geringere Resorption
2. Verzicht auf Entnahme eines Knochen transplantates, keine Spenderregionproblematik
3. geringe Morbidität und Infektionsrate im Vergleich zu konventionellen Techniken
4. Weichgewebsgewinn durch Distraction
5. Möglichkeit der Implantatversorgung nach 3 Monaten

Als mögliche Komplikation der Distraction sind im Unterkiefer postoperative Hypästhesien des N. mentalis zu erwähnen. Jedoch sind diese meist rückläufig (GAGGL et al. 2000). Da bei einem Eingriff eine geringe Wahrscheinlichkeit der Verletzung anatomischer Strukturen besteht und ein geringerer Vernarbungsgrad als bei Mehrfacheingriffen entsteht, könnte dies für die ästhetisch anspruchsvolle Frontzahnregion von Bedeutung sein (EL ASKARY 1999). Die klinische Kontrolle der adäquaten Distractionshöhe und damit das Erreichen eines korrekten Gingivaverlaufs ist gegeben.

Eine Beendigung oder Abbruch der Distraction ist jederzeit möglich. Die ideale Distractionsgeschwindigkeit von 0,25 mm bis 0,5 mm (pro Tag) wurde histologisch im Tierversuch untersucht und bestätigt (WIEDEMANN 1994, GAGGL et al. 2001). Zusätzlich weisen NOSAKA et al. (1999) auf die gute Beständigkeit und Qualität des distrahirten Knochens als Vorbereitung der Implantation hin. Auch die Werte bei der Prüfung der Implantatauslenkung mittels Periotest® liegen im physiologischen Bereich (ISIDOR 1998).

Auf Grund der hohen Gesamtmorbidität bei der freien Knochen transplantation ist nach anderen Alternativen geforscht worden. Die Distraction stellt eine effektive, augmentative Therapie im Sinne eines präimplantologischen Aufbaus des unbezahnten Kieferabschnittes dar als Alternative zu konventionellen Verfahren (SIMION & JOVANOVIC 2001). Optimierte Distractiongeräte werden in Zukunft dem Chirurgen helfen, mit dem Ziel den Patienten möglichst wenig zu belasten. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Distraction ein viel versprechendes und relativ neues Augmentationsverfahren der Implantologie darstellt. Weitere Resultate projektierte klinischer Studien sind abzuwarten.

Abstract

The rehabilitation of the chewing function of a patient is not in the least dependent on the quality and volume of the available jawbone.

The vertical augmentation of the jawbone is often a challenge for the implanting dentist. Various methods, from transplanting autogenous bone through to the employment of bone substitute materials have been described and often controversially discussed. Vertical distraction offers an alternative to the pre-implantological augmentation of the vertically reduced bone. A technique which shows certain advantages over conventional augmentative methods.

Literatur

- BLOCK M S, CHANG A, CRAWFORD C: Mandibular alveolar ridge augmentation in the dog using distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 309–314 (1996)
- BLOOMQUIST D S, TURVEY T A: Bone grafting in dentofacial deformities. In: Bell WH (Hrsg.): *Modern practise in orthognatic and reconstructive surgery*. Saunders, WB: 830 (1992)
- CAPLANIS N, SYGURDSON T J, ROHRER M D, WIKESJO U M E: Effect of allogenic, freeze-dried, demineralised bone matrix on guided bone regeneration in supraalveolar peri-implants defects in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 634–642 (1997)
- CHLIN M, TOTTH B A: Distraction osteogenesis in maxillofacial surgery using internal devices: review of five cases. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 45–53 (1996)
- EL ASKARY A S: Esthetic considerations in anterior single-tooth replacement. *Implant Dent* 8: 61–67 (1999)

- GAGGL A, RAINER H: Vertical alveolar distraction using a new intraoral distractor (Abstr.) *J Craniomaxillofac Surg* 26, Suppl 1, 55 (1998)
- GAGGL A, SCHULTES G, KÄRCHER H: Distractionsimplantate. Ein neues augmentatives Konzept mit prothetisch versorgbaren Distraktoren. *Dtsch Zahnärztl Z* 55: 57–62 (2000)
- GAGGL A, SCHULTES G, REGAUER S, KÄRCHER H: Healing process following alveolar ridge distraction in sheep. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod (United States)* 90 (4): 420–429 (2000)
- HIDDING J, LAZAR F, ZÖLLER J E: The vertical distraction of the alveolar bone. *J Craniomaxillofac Surg* 26: Suppl 1, 72–76 (1998)
- ILIZAROV G A: Basic principles of transosseous compression and distraction osteosynthesis. *Ortop Travmatol Protez* 32: 7–15 (1971)
- ISIDOR F: Mobility assessment with the Periotest system in relation to histological findings of oral implants. *Int J Oral Maxillofac Implant* 13: 377–383 (1998)
- KESTEL M, EWERS R, LAMBRECHT J TH: Sensibilitätsstörung des Nervus cutaneus femoris lateralis nach Beckenspanentnahme. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 30: 69–70 (1985)
- KLEIN C: Die Knochenverlängerung nach Ilizarov zur Behandlung der mandibulären Mikrognathie im Kindesalter. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 39: 150–152 (1994)
- KUNKEL M, WAHLMANN U, REICHERT T E, WAGNER W: Vertical distraction of the alveolar process. *Z Zahnärztl Implantol (Abstr.)* 15: 71–77 (1999)
- LAURIE S W S, KABAN L B, MULLIKEN J B, MURRAY J E: Donor-site morbidity after harvesting rib and iliac bone. *Plast Reconstr Surg* 73: 933–938 (1984)
- MC CARTHY J G, SCHREIBER J, KARP N, THORNE CH, GRAYSON B H: Lengthening of the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* 89: 1–8 (1992)
- MC CARTHY J G, STAFFENBERG D A, WOOD R J, CUTTING C B, GRAYSON B H, THORNE C H: Introduction of an intraoral bone-lengthening device. *Plast Reconstr Surg* 96: 978–981 (1995)
- NEUKAM F W, SCHELLER H, GÜNAY H: Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Auflagerungsosteoplastik in Kombination mit enossalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 5: 235–239 (1989)
- NOSAKA Y, TSUNOKUMA M, HAYASI H, HAENIWA H, HAMAMOTO K, NAKAJIMA M, KAKUDO K: Placement of osseointegrated implants in distraction osteogenesis at the consolidation period. In: Diner P: *International Proceedings, 2nd International Congress Cranial and facial bone distraction processes*. Monduzzi Editorial, Paris 1999
- NYSTRÖM E, KAHNBERG K-E, GUNNE J: Bone Grafts and Branemark implants in the treatment of the severely resorbed maxilla: a two year longitudinal study. *Int. J Oral Maxillofac Implants* 8: 45–53 (1993)
- RAGHOEBAR G M, HEYDENRIJK K, VISSINK A: Vertical distraction of the severely resorbed mandible: the Groningen distraction device. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 29: 416–20 (2000)
- SCHLIEPHAKE H, NEUKAM F W, WICHMANN M, HAUSAMEN J E: Langzeitergebnisse osteointegrierter Schraubenimplantate in Kombination mit Osteoplastiken. *Z Zahnärztl Implantol* 13: 73–78 (1997)
- SIMION M; JOVANOVIC S A, TINTI C, BENFENATI S P: Long-term evaluation of osseointegrated implants inserted at the time or after vertical ridge augmentation. A retrospective study on 123 implants with 1–5 year follow-up. *Clin Oral Implants Res* 12(1): 35–45 (2001)
- TRIPPLET R G, SCHOW S R: Autologous bone grafts and endosseous implants: complementary techniques. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 486–494 (1996)
- WANGERIN K: Der enorale Zugang bei Ilizarov-Kallusdistraction am Unterkiefer. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 19: 303–307 (1995)
- WIEDEMANN M: Morphologische Grundlagen der Kallusdistraction. *Zentralbl Chir* 119 (8): 587–593 (1994)
- YAMAMOTO H, SAWAKI Y, OHBUKO H, UEDA M: Maxillary advancement by distraction osteogenesis using osseointegrated implants. *J Cranio Maxillofac Surg* 25: 186–191 (1997)
- ZECHNER W, BERNHARD T, ZAUZA K, CELAR A, WATZEK G: Multi dimensional osteodistraction for correction of implant malposition in edentulous segments. *Clin Oral Implants Res* 12: 531–538 (2001)