

Osseointegrierte Implantate als kieferorthopädische Verankerung und restaurative Abutments in der Behandlung teilbezahnter erwachsener Patienten



Juan Blanco Carrión, Prof. Dr. med. dent.*
Isabel Ramos Barbosa, DMD**
Javier Pérez López, ZT***

Eins der Hauptprobleme einer kieferorthopädischen Behandlung bei teilbezahnten Patienten ist die fehlende Verankerung für eine gewünschte Zahnbewegung. Die Koordination zwischen dem Kieferorthopäden, dem Parodontologen und dem restaurativ arbeitenden Zahnarzt ist bei der Behandlungskonzeption für solche Patienten überaus wichtig. Die Implantate können nicht nur in der definitiven prothetischen Versorgung verwendet werden, sondern sind auch als stabile Abutments während der kieferorthopädischen Therapie von großem Nutzen. Für ideale Ergebnisse ist es sehr wichtig, eine kieferorthopädisch günstige Position für ein Implantat zu finden. Noch wichtiger ist die beste Position für eine adäquate Restauration nach der kieferorthopädischen Behandlung. In diesem Artikel wird die Verwendung der Implantate bei der kieferorthopädischen Bewegung demonstriert. So wird die Behandlung erleichtert und besser prognostizierbar. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2009;29:317–324.)

* Professor und Leiter, Department of Periodontology, School of Dentistry, Universität Santiago de Compostela, Spanien.

** Privatdozent, Department of Periodontology, School of Dentistry, Universität Santiago de Compostela, Spanien.

*** Zahntechniker, Lugo, Spanien.

Korrespondenz an: Juan Blanco Carrión, República El Salvador 3, 1°C,
15702 Santiago de Compostela, Spanien; Fax: +34-981571620;
E-Mail: jcarrion@infomed.es

In der Literatur gibt es verschiedene Beschreibungen¹⁻⁸ zur Verwendung osseointegrierter Implantate für die kieferorthopädische Verankerung, mit der eine gewünschte Zahnbewegung erzielt werden soll. Der Ersatz fehlender Zähne durch Implantate ist eine gute Alternative für eine erfolgreiche Behandlung von komplizierten kieferorthopädischen Fällen⁹⁻¹¹. Vor der Implantatinsertion muss geprüft werden, ob der Patient sich noch im Wachstum befindet. Außerdem müssen die Wurzelposition der Nachbarzähne und das Parodont untersucht werden¹².

Für eine erfolgreiche kieferorthopädische Behandlung ist eine optimale Kontrolle der Verankerung erforderlich. Proffit¹³ definierte die Verankerung als Widerstand gegen eine unerwünschte Bewegung. Einzelne Zähne oder Gruppen von Zähnen werden miteinander verbunden, damit sie den biomechanischen reaktiven Kräften standhalten können, die während der kieferorthopädischen Behandlung auf sie einwirken. Bei teilbezahnten Patienten sind diese klassischen Verankerungskontrollmechanismen weniger effizient oder gar nicht vorhanden. Osseointegrierte Implantate können eine optimale Verankerungskontrolle für die kieferorthopädische Zahnaustrichtung und die Rehabilitation

der Okklusion bieten¹⁴, auch wenn sie funktionell belastet sind. Implantate sind ideale Verankerungseinheiten, weil sie auf eine kieferorthopädische Kraft (geringer als 5 N) nicht mit Bewegung reagieren. So dienen sie als absolute oder vollständige Verankerung.

Eine sorgfältige multidisziplinäre Behandlung ist der wichtigste Schritt bei der umfassenden Behandlungskonzeption. Es ist sehr wichtig, anhand von diagnostischen Wax-ups die genauen Implantatpositionen und die lineare Ausrichtung mit den vorgesehenen kieferorthopädischen Zahnverschiebungen und prothetischen Versorgung für die Implantate zu ermitteln. Palatinale Implantate (im mittlpalatalen Bereich)^{15, 16} oder kleine Titanschrauben (die in der Kortikalis fixiert werden)¹⁷⁻¹⁹ können in nicht alveolären Knochen inseriert werden, aber sie müssen am Ende der kieferorthopädischen Behandlung wieder entfernt werden. Sie sind auch effektive Hilfsmittel für den Widerstand gegen die Bewegung, wenn sie mit kieferorthopädischen Kräften belastet werden, aber diese Art der Implantatverankerung ist bei Patienten mit mehreren unbezahnnten Bereichen nicht sinnvoll. Eine interdisziplinäre Vorgehensweise bei der Insertion der Implantate vor der kieferorthopädischen Behandlung ist vermutlich klinisch effektiver und wirtschaftlicher.

In diesem Artikel werden die verschiedenen klinischen Möglichkeiten in schwierigen Situationen analysiert: wie Implantate als kieferorthopädische Verankerung und Abstützung für Restaurationen eingesetzt werden können und wie wichtig die klinischen Kenntnisse der biologischen, anatomischen, chirurgischen, kieferorthopädischen und prothetischen Konzepte sind.

Implantate für die kieferorthopädische Verankerung und restaurative Abutments

Es gibt ein paar grundlegende Unterschiede zwischen okklusaler und kieferorthopädischer Belastung. Kieferorthopädische Belastungen sind normalerweise horizontal, andauernd und nicht besonders stark (< 3 N). Sie wirken außerdem meist in eine Richtung, während okklusale Belastungen mit Unterbrechungen einwirken, intensiver sind und keine einheitliche Richtung haben.

Die Fähigkeit osseointegrierter Implantate, unter okklusaler Belastung stabil zu bleiben, wurde in vielen experimentellen Studien untersucht^{20, 21}. Nur wenige Autoren haben jedoch bisher objektive oder quantitative Analysen der Auswirkung einer kieferorthopädischen Verankerung nach der Osseointegration von Implantaten durchgeführt^{21, 22}. Turley et al.²¹ verwendeten Tantalummarker und eine Knochenmarkierung an Hunden, um die Stabilität von Implantaten für die kiefer-/orthopädische Traktion zu veranschaulichen. Sie beobachteten unmerkliche Veränderungen der Implantatposition, wenn sie neun bis 12 Wochen lang eine kieferorthopädische Kraft von 300 g ausübten, um Bewegungen von 0,6 bis 4 mm zu erzielen. Roberts et al.¹⁴ zeigten beim Einwirken von 300 g kieferorthopädischer Kraft für 13 Wochen, dass weniger als 10 % des enossalen Anteils der Implantate in direktem Kontakt zum Knochen standen. Dies war allerdings für eine starre kiefer-/orthopädische Verankerung ausreichend. In einer prospektiven Studie verwendeten Higuchi und Slack⁶ bei einer Reihe von Patienten, die im Unterkiefer mit osseointegrierten Implantaten behandelt worden waren, eine standardisierte starre Verankerung, um die oberen

und unteren Zähne zu verlängern. Alle Implantate blieben während der Behandlung stabil und zeigten keine nennenswerte Mobilität. Es wurden progressive kieferorthopädische Kräfte von 150 bis 400 g angewandt. Dabei wurden keine unerwünschten Nebenwirkungen beobachtet. Sie kamen zu dem Schluss, dass durch die Nutzung des Prozesses der Osseointegration eine festsitzende intraorale Verankerung möglich ist.

Es wurden histomorphometrische Analysen der Gewebereaktionen um Implantate durchgeführt, die kieferorthopädischen und okklusalen Kräften unterworfen waren^{23, 24}. Molly et al.²⁵ (Humanstudie) und Aldikacti et al.²⁶ (Studie mit Hunden) untersuchten die Osseointegration und das marginale Knochenniveau um Implantate, die als kieferorthopädische Verankerung genutzt worden waren. Sie kamen bei Vergleichen mit unbelasteten Implantaten²⁷⁻³¹ zu folgendem Schluss: Wenn die periimplantäre Mukosa gesund ist, führt eine übermäßige Belastung der Titanimplantate nicht zum Verlust der Osseointegration oder zum marginalen Knochenabbau, auch nicht bei einer kurzen Einheilungszeit und verlängerten Kräfteanwendung. Wehrbein und Diedrich³² sowie Akin-Nergiz et al.²⁰ zeigten einen direkten Zusammenhang zwischen der Stärke der Kraft und der Zunahme der Knochendichte um Implantate: Je größer die Belastung war, desto besser wurde die Implantatstabilität.

In diesen experimentellen Studien wird gezeigt, dass Implantate, die mit kieferorthopädischen Kräften belastet wurden, klinisch stabil blieben (starre Verankerung). Bei den verschiedenen Implantattypen (maschinierter und raue Oberfläche, ein- und zweizeitige Implantate) wurden keine histologischen

Nachweise einer Implantatbewegung beobachtet. Dies galt für jede Kraft, auch unter funktioneller Belastung.

Diagnose und Behandlungskonzept

Da die meisten teilbezahnten Patienten eine kieferorthopädische Korrektur benötigen, können sie von einer Implantatverankerung profitieren. Implantate können während und nach der kieferorthopädischen Behandlung auch die Abstützung der prothetischen Versorgung für fehlende Zähne übernehmen.

Trotz vieler experimenteller Studien an Tieren^{33, 34} und Menschen³⁵ gibt es kein standardisiertes kieferorthopädisches Protokoll zur Erzielung einer maximalen Wirksamkeit bei der Verwendung osseointegrierter Implantate als Verankerungseinheit bei erwachsenen Patienten, wenn eine kieferorthopädische Zahnbewegung notwendig ist. Vor einer Implantattherapie müssen die Qualität und Menge des Knochens, das Alter des Patienten und die Eignung für eine Implantattherapie³⁶ in die Entscheidung mit einbezogen werden. Die Position und Ausrichtung der Implantate hängen von der endgültigen Position der restlichen Zähne ab³⁷. Wenn Implantate ohne die Kenntnis der endgültigen Positionen der Zähne inseriert werden, können die definitive prothetische Versorgung und die optimalen Zahnpositionen für die regelrechte Korrektur der Malokklusion beeinträchtigt sein.

Ein diagnostisches Wax-up der endgültigen Okklusion und ein Vergleich des Wax-up mit dem Originalmodell müssen erfolgen, um die präzisen Implantatpositionen zu ermitteln. Das kieferorthopädische Set-up muss nicht nur die Zahnposi-

tion darstellen, die mit der kieferorthopädischen Behandlung möglich ist, sondern auch die Einschränkungen der Zahnbewegung durch eine unzureichende Verankerung oder weil der Alveolarknochen inadäquat ist. Das Set-up sollte außerdem die Bereiche für den adäquaten Ersatz der fehlenden Zähne darstellen. Der Kieferorthopäde muss wissen, welche prothetischen Erfordernisse bei teilbezahnten Patienten bestehen. Der restaurativ arbeitende Zahnarzt bestätigt die Eignung der ermittelten Bereiche. Der Zahn-techniker kann die geplanten prothetischen Zähne so aufwachsen, dass die genaue Größe und Form der zu ersetzenden Zähne wieder gegeben werden. Dann wird eine Insertionsschablone oder -schiene angefertigt, um die Genauigkeit der Implantatinsertion sicherzustellen³⁸.

Der Ablauf sollte folgendermaßen aussehen: Wenn das kieferorthopädische Set-up und das diagnostische Wax-up der prothetischen Zähne erfolgt sind, sollten Silikonabformungen der okklusalen und lingualen Oberflächen der prothetischen Wachszähne angefertigt und auf die duplizierten Originale der Zähne in Fehlstellung übertragen werden, um die Implantatposition und Ausrichtung zu ermitteln. Es muss eine Schiene angefertigt werden, die die prothetischen Zähne und die okklusalen, inzisalen und lingualen Oberflächen der vorhandenen natürlichen Zähne umfasst. Sie muss auf die duplizierten Originalmodelle aufgebracht werden. Röntgendichter autopolymerisierender Kunststoff wird in die gegossenen Formen der Prothesenzähne in der Schiene injiziert. Anschließend wird die Schiene in den Mund des Patienten eingesetzt, um die Implantatpositionen zu verifizieren.

Zusätzlich zu periapikalen und Panoramaröntgenaufnahmen der

geplanten Implantatbereiche kann das Vorgehen mit der Computertomografie (CT) gut beurteilt werden, vor allem wenn mehrere Implantate erforderlich sind. Dabei kann sowohl die Knochenmenge bestimmt werden als auch die -morphologie. Röntgenaufnahmen und CT sind nützlich, um die gewünschte Ausrichtung der Implantate und die möglichen Veränderungen der Insertionswinkel zu ermitteln.

Wenn die Implantate erfolgreich inseriert wurden und osseointegriert sind, kann ein kieferorthopädischer Drahtbogen direkt an den Implantatdeckschrauben befestigt werden. Dazu wird ein Metallkäppchen verwendet, in das nach Angaben des Herstellers ein kieferorthopädisches Röhrchen integriert ist. Das einzige Problem dabei ist, dass die Abutmentschraube mehrmals gelockert werden muss. Deshalb ist es bei der Verwendung von Implantaten für eine kieferorthopädische Verankerung häufig erforderlich, eine provisorische Krone oder Prothese anzufertigen. Sie kann dann als Verbindung zwischen den kieferorthopädischen Apparaturen und dem Implantat dienen. Die Art des verwendeten Attachments hängt von Faktoren wie der Stärke der erforderlichen Kraft, den ästhetischen Bedürfnissen des Patienten sowie der Kontrolle der Okklusion und der Methode der Kraftanwendung ab. Die Zahnbewegung erfolgt rascher und lässt sich leichter kontrollieren, wenn als Suprastruktur Einzelkronen oder Prothesenzähne verwendet werden.

Nach der Eingliederung des Provisoriums kann die kieferorthopädische Kraft auf das Implantat ausgeübt werden. Wird ein Kunststoffprovisorium verwendet, ist die genaue Positionierung der Nachbarzähne während der kieferorthopädischen Therapie möglich. Die Grö-



Abb. 1 (links) *Extraorale Ansicht einer 39-jährigen Parodontalpatientin, der mehrere Zähne fehlten.*



Abb. 2 (rechts) *Präoperative klinische Ansicht. Als Ersatz für die fehlenden Zähne trug sie zwei Brücken. Die zentrale Lücke war durch Hinzufügung eines „zusätzlichen“ Schneidezahns in die Oberkieferbrücke geschlossen worden.*

Be des Provisoriums kann man anhand des diagnostischen Set-up ermitteln, das für die Herstellung der chirurgischen Schablone verwendet wurde. Die mit einer Brücke oder Einzelkronen restaurierten Implantate können jetzt für die kieferorthopädische Verankerung genutzt werden. So werden nicht nur die Restzähne in eine günstigere Position im Zahnbogen bewegt, sondern im Seitenzahnbereich kann auch der Interokklusalabstand erhöht werden. Dies löst dort das Problem der reduzierten vertikalen Dimension in Fällen eines Bisszusammenbruchs und erleichtert die Zahnbewegung.

Die kieferorthopädische Therapie kann direkt nach der Insertion der provisorischen Implantatversorgungen und der kieferorthopädischen Brackets an den natürlichen Restzähnen beginnen. Die Mechanotherapie, bei der für die Verankerung Implantate verwendet werden, ist ähnlich wie bei der konventionellen Zahnverankerung. Die Effizienz ist allerdings bei Implantaten größer. Es ist eine Zahnbewegung möglich, die ohne die Implantatverankerung nicht erzielt werden könnte. Bei der Verwendung osseointegrierter Implantate fallen alle Einschränkungen der Zahnbewegung weg, die bei der konventionellen Zahnverankerung auftreten können.

Man kann auf das Implantat eine erhebliche kieferorthopädische Kraft einwirken lassen, die in verschiedene Richtungen ausgeübt werden kann (intrusiv, extrusiv, kompressiv oder kippend)^{39, 40}. Histologisch verursacht die Belastung der Implantate keinen Verlust der Integration. Bei verschiedenen Malokklusionen wurden schon bis zu 400 g kieferorthopädische Kraft gegen ein osseointegriertes Implantat ausgeübt (was mehr ist als der übliche Bereich, der für eine konventionelle kieferorthopädische Bewegung benötigt wird). Im Anschluss an die kieferorthopädische Bewegung ist ein unbezahnter Bereich entstanden. Dort werden die Implantate inseriert, was vorher wegen der vorhandenen natürlichen Zähne nicht möglich war. Die Anfertigung und Eingliederung der definitiven Versorgungen ist nach der Korrektur der Malokklusion relativ einfach.

Bei Patienten mit einem parodontal beeinträchtigten vollständigen Gebiss können die Zähne nicht für eine kieferorthopädische Verankerung genutzt werden. In solchen Situationen sind Mini-Implantate die am besten akzeptierte Verankerungsmethode für die Zahnbewegung⁴¹⁻⁴³.

Fallbericht

Eine 39-jährige Frau wünschte sich aus ästhetischen, okklusalen und funktionellen Gründen eine vollständige orale Rehabilitation (Abb. 1 und 2). Kieferorthopädisch handelte es sich um einen Fall der Klasse I mit mehreren fehlenden Zähnen (im Oberkiefer: rechter dritter Molar bis erster Prämolare, rechter lateraler Schneidezahn, linker lateraler Schneide- und Eckzahn, linker zweiter Prämolare, linker erster und dritter Molar; im Unterkiefer: linker erster und zweiter Molar, linker erster Prämolare, rechter zweiter Prämolare, rechter erster und zweiter Molar), zentrale Lücke (9 mm), Überbiss (3 mm), auseinanderstehende untere Schneidezähne und gekippte untere dritte Molare. Als Ersatz für die fehlenden Zähne trug sie zwei Brücken, die viele okklusale Probleme verursachten. Die zentrale Lücke war durch Hinzufügung eines „zusätzlichen“ Schneidezahns in die Oberkieferbrücke geschlossen worden. Das ästhetische Ergebnis war schlecht.

Außerdem hatte die Patientin eine leichte chronische Parodontitis mit allgemeiner Zahnfleischentzündung. Die Röntgenuntersuchung zeigte einen kleinen Attachmentverlust, mit guten Knochenbedingungen für die Implantatbehandlung.

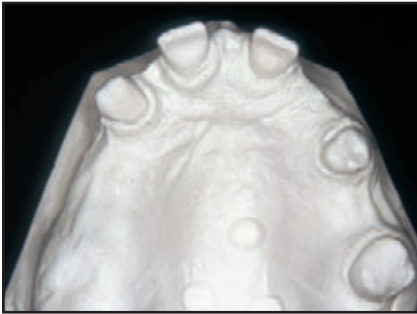


Abb. 3a und 3b Set-up des Oberkiefers auf Gipsmodellen, um die prothetische Position der Zähne und die Position und Ausrichtung der geplanten Implantate festzulegen.



Abb. 4 (links) Die Silikonregistrare werden auf das duplizierte Modell übertragen.



Abb. 5 (rechts) Um die Genauigkeit der Implantatinsertion sicherzustellen, wird eine chirurgische Schablone angefertigt.



Behandlungskonzept

- Extraktion des unteren rechten dritten Molars und Parodontalbehandlung (Anweisungen zur Mundhygiene sowie Scaling und Wurzelglättung) für eine adäquate Mundhygiene und -gesundheit.
- Insertion osseointegrierter Implantate im Oberkiefer in den Positionen der rechten Prämolare und des ersten Molars sowie des linken ersten Molars.
- Kieferorthopädische Behandlung zur Ausrichtung und Angleichung von Ober- und Unterkiefer und zum Schließen von Lücken unter Verwendung von Implantaten für die Verankerung.
- Insertion osseointegrierter Implantate im Unterkiefer in den Positionen des linken ersten Molars, des linken ersten Prämolars, des rechten zweiten Prämolars und des rechten ersten Molars.

- Definitive implantatprothetische Rekonstruktion im Ober- und Unterkiefer.

Behandlungsablauf

Nach der Parodontalbehandlung wurde ein kieferorthopädisches Set-up auf Gipsmodellen angefertigt, um die prothetischen Positionen der Zähne und die Position und Ausrichtung der geplanten Implantate festzulegen (Abb. 3 bis 5). Im Oberkiefer wurden vier Implantate gesetzt, im Bereich des rechten Prämolars und der ersten Molare sowie des linken ersten Molars (Abb. 6). Nach einer Einheilung von drei Monaten wurde für die rechte Seite eine provisorische implantatgetragene Brücke konstruiert. Für den linken ersten Molar wurde eine Krone angefertigt. Es wurde mit der kieferorthopädischen Therapie begonnen, um die zentrale Lücke zu schlie-

ßen und Platz für die korrekte Anordnung der späteren Implantatrestorationen zu schaffen (Abb. 7). Im Unterkiefer wurden vier weitere Implantate inseriert, im Bereich des linken ersten Molars, des ersten Prämolars, des rechten zweiten Prämolars und des ersten Molars. Sie sollten mit Kronen versorgt werden.

Die kieferorthopädische Behandlung im Ober- und Unterkiefer dauerte 12 Monate. In dieser Zeit kam die Patientin alle drei Monate zur Parodontalbehandlung. Zum Ende der Behandlung wurden die Kunststoffrestorationen durch definitive Keramikrestorationen ersetzt (Abb. 8). Die Untersuchung zeigte nach einem Jahr ein gutes Ergebnis. Die Patientin war mit den ästhetischen und funktionellen Verbesserungen sehr zufrieden (Abb. 9).



Abb. 6 (links) Vor der kieferorthopädischen Behandlung werden im Bereich des rechten Prämolars, des rechten ersten Molars sowie des linken ersten Molars mithilfe der Schablone Implantate inseriert.



Abb. 7 (rechts) Eingegliederte proviso-
rische Brücke. Die kieferorthopädische
Behandlung, bei der für die Verankerung
Implantate verwendet wurden, ist
abgeschlossen.



Abb. 8 (links) Endgültiges klinisches
Ergebnis mit der definitiven Versorgung.



Abb. 9 (rechts) Lächeln nach der
Behandlung.

Schlussfolgerungen

1. Osseointegrierte Implantate können als Verankerungen anstelle herkömmlicher kieferorthopädischer Behandlungsmöglichkeiten verwendet werden. Zusätzlich entfällt die sonst notwendige Compliance des Patienten bei der üblichen Korrektur einer Malokklusion.
2. Die Verwendung von Implantaten als kieferorthopädische Verankerung und anschließend als Pfeiler für die Restauration ist die effektivste klinische und wirtschaftliche Lösung für teilbezahnte Patienten, denen im Seitenzahnbereich mehrere Zähne fehlen.
3. Die Positionen und die Ausrichtung der Implantate hängen von der definitiv geplanten Position der Restzähne ab. Die Insertion von Implantaten ohne entsprechende Festlegung der regel-

rechten Implantatposition führt normalerweise zu einem beeinträchtigten Behandlungsergebnis.

4. Die Stärke der kieferorthopädischen Kraft, die auf die Implantate einwirkt, und die Richtung dieser Kraft führen nicht zum Verlust der Integration. Sie haben auch aus klinischer und histologischer Sicht keine nachteiligen Auswirkungen auf die Implantate.
5. Mit einem multidisziplinären Team und einem adäquaten Behandlungskonzept ist die Verwendung von Implantaten für die kieferorthopädische Verankerung zur Korrektur einer Malokklusion, ehe sie als Abstützung einer definitiven restaurativen Versorgung dienen, eine gute Möglichkeit, verbesserte Ergebnisse zu erzielen.

Implantate als Hilfsmittel für die kieferorthopädische Verankerung sind in der Behandlung teilbezahnter erwachsener Patienten eine Neuerung. Bei Patienten mit einer starken okklusalen Beeinträchtigung durch eine reduzierte vertikale Dimension (Bisszusammenbruch im Seitenzahnbereich) sind sie besonders hilfreich. Implantate können bei der Verstärkung der Verankerung eine signifikante Rolle spielen. Sie machen dann ein Headgear und andere konventionelle extrorale Verankerungssysteme überflüssig. Die kontinuierliche Entwicklung kieferorthopädischer Implantate hat zur Herstellung kleinerer Modelle geführt, die leicht inseriert und entfernt werden können.

Literatur

1. Haanaes HR, Stenvik A, Beyer-Olsen ES, Trify T, Faehn O. The efficacy of two-stage titanium implants as orthodontic anchorage in the preprosthetic correction of third molars in adults—A report of three cases. *Eur J Orthod* 1991;13:287–292.
2. Odman J, Leckholm U, Jemt T, Brånemark PI, Thilander B. Osseointegrated titanium implants—A new approach in orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1988;10:98–105.
3. Fernández Valerón J, Fernández Velázquez J. Implants in the orthodontic and prosthetic rehabilitation of an adult patient: A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11:534–538.
4. Stean H. Clinical case report: An improved technique for using dental implants as orthodontic anchorage. *J Oral Implantol* 1993;19:336–340.
5. Harnick DJ. Case report CT: A multidisciplinary approach to treatment, including orthognathic surgery, endodontics, periodontics, and implants for anchorage and restoration. *Angle Orthod* 1996;66: 327–330.
6. Higuchi KW, Slack JM. The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:338–344.
7. Sorenson NA Jr. Use of maxillary intraosseous implants for Class II elastic anchorage. *Angle Orthod* 1995;65:169–173.
8. Prosterman B, Prosterman L, Fisher R, Gornitsky M. The use of implants for orthodontic correction of an open bite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107: 245–250.
9. Kaste LM, Gift HC, Bhat M, Swango PA. Prevalence of incisor trauma in persons 6–50 years of age: United States, 1988–1991. *J Dent Res* 1996;75(special issue):696–705.
10. Bergendal B, Bergendal T, Hallonsten AL, Koch G, Kuroi J, Kvint S. A multidisciplinary approach to oral rehabilitation with osseointegrated implants in children and adolescents with multiple aplasia. *Eur J Orthod* 1996;18:119–129.
11. Sabri R. Management of missing maxillary incisors. *J Am Dent Assoc* 1999;130:80–84.
12. Priest G. Single-tooth implants and their role in preserving remaining teeth: A 10-year survival study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:181–188.
13. Proffit WR. Mechanical principles in orthodontic force control. In: *Contemporary Orthodontics*. St Louis: CV Mosby, 1986: 246–269.
14. Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. *Angle Orthod* 1989;59:247–256.
15. Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, Diedrich P. The Orthosystem—A new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop* 1996; 57:142–153.
16. Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P. Palatal bone support for orthodontic implant anchorage—A clinical and radiological study. *Eur J Orthod* 1999;21:65–70.
17. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:166–174.
18. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 1997;31:763–767.
19. Maino G, Pagin P, Mura P. Spider Screw: Anclaje absoluto de carga inmediata. *Rev Esp Ortod* 2003;33:21–30.
20. Akin-Nergiz N, Nergiz I, Schulz A, Arpak N, Niedermeier W. Reactions of peri-implant tissues to continuous loading of osseointegrated implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:292–298.
21. Turley PK, Kean C, Schur J, et al. Orthodontic force application to titanium endosseous implants. *Angle Orthod* 1988;58: 151–162.
22. Southard TE, Buckley MJ, Spivey JD, Krizan KE, Casco JS. Intrusion anchorage potential of teeth versus rigid endosseous implants: A clinical and radiographic evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107: 115–120.
23. Wehrbein H, Merz BR, Hämmerle CH, Lang NP. Bone-to-implant contact of orthodontic implants in humans subjected to horizontal loading. *Clin Oral Implants Res* 1998; 9:348–353.
24. Melsen B, Lang NP. Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:144–152.
25. Molly L, Willems G, van Steenberghe D, Quirynen M. Periodontal parameters around implants anchoring orthodontic appliances: A series of case reports. *J Periodontol* 2004;75:176–181.
26. Aldıkaçtı M, Açıkgöz G, Türk T, Trisi P. Long-term evaluation of sandblasted and acid-etched implants used as orthodontic anchors in dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:139–147.
27. Odman J, Lekholm U, Jemt T, Thilander B. Osseointegrated implants as orthodontic anchorage in the treatment of partiality edentulous adult patients. *Eur J Orthod* 1994;16:187–201.
28. Van Roekel NB. Use of Brånemark system implants for orthodontic anchorage: Report of a case. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:341–344.
29. Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *Am J Orthod* 1984;86:95–111.
30. Roberts WE, Nelson CL, Goodacre CJ. Rigid implant anchorage to close a mandibular first molar extraction site. *J Clin Orthod* 1994;28:693–704.
31. Roberts WE. When planning to use an implant for anchorage, how long do you have to wait to apply force after implant placement? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:14A.
32. Wehrbein H, Diedrich P. Endosseous titanium implants during and after orthodontic load—An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1993;4:76–82.
33. Thilander B, Odman J, Gröndahl K, Lekholm U. Aspects on osseointegrated implants inserted in growing jaws. A biometric and radiographic study in the young pig. *Eur J Orthod* 1992;14:99–109.

34. Sennerby L, Odman J, Lekholm U, Thilander B. Tissue reactions towards titanium implants inserted in growing jaws. A histological study in the pig. *Clin Oral Implants Res* 1993;4:65-75.
35. Trisi P, Rebaudi A. Progressive bone adaptation of titanium implants during and after orthodontic load in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:31-43.
36. Kokich VG. Comprehensive management of implant anchorage in the multidisciplinary patient. In: Higuchi K (ed). *Orthodontic Applications of Osseointegrated Implants*. Chicago: Quintessence, 2000:21-32.
37. Smalley WM. Implants for tooth movement: Determining implant location and orientation. *J Esthet Dent* 1995;7:62-72.
38. Smalley WM, Blanco A. Implants for tooth movement: A fabrication and placement technique for provisional restorations. *J Esthet Dent* 1995;7:150-154.
39. Hürzeler MB, Quiñones CR, Kohal RJ, et al. Changes to peri-implant tissues subjected to orthodontic forces and ligature breakdown in monkeys. *J Periodontol* 1998;69:396-404.
40. De Pauw GAM, Dermout L, De Bruyn H, Johansson C. Stability of implants as anchorage for orthopedic traction. *Angle Orthod* 1999;69:401-407.
41. Favero L, Brollo P, Bressan E. Orthodontic anchorage with specific fixtures: Related study analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:84-94.
42. Bae SM, Park HS, Kyung HM, Kwon OW, Sung JH. Clinical application of micro-implant anchorage. *J Clin Orthod* 2002;36:298-302.
43. Cheng SJ, Tseng IY, Lee JJ, Kok SH. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:100-106.

