

Ob einzigartiger Kopf oder dreidimensionaler Stent zur Insertionsunterstützung – das Infinitas™-Miniimplantat verbindet praktische Erfahrungen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen in einem Design.

Multifunktionelle Design-Kombination

Autor: Dr. Richard Cousley

Einführung

Kieferorthopädische Miniimplantate (auch Minischrauben, Mikroimplantate oder temporäre Verankerungen genannt) sind ein fester Bestandteil der KFO-Behandlung geworden. Dies verdanken sie vor allem einer Kombination aus technischen Innovationen, hoher Patientenakzeptanz sowie der frühzeitigen Veröffentlichung positiver Forschungsergebnisse in der Fachliteratur. Dem Design des Infinitas™-Miniimplantatsystems wurde eine Synthese klinischer, anatomischer und evidenzbasierter Prinzipien zugrunde gelegt. Somit konnte dieses System mit einer Reihe einzigartiger Eigenschaften ausgestattet werden, zu denen unter anderem das multifunktionelle Kopfdesign (Abb. 1) und ein dreidimensionaler Stent zur Unterstützung der akkuraten Platzierung (Abb. 2) zählen. In Deutschland wird Infinitas über die Firma ODS* (www.infinitas.miniimplant.com) in zwei sepa-



Abb. 1: Das universelle Infinitas™-Kopfdesign mit 0.21° x 0.25° mm-Bogen, der in einem Kreuz-Slot und den internen Unterschnitten liegt.

raten komplementären Kits vertrieben – den Implantations- und Unterstützungssystemen. Der vorliegende Artikel beschreibt vor allem die grundlegenden Design-Eigenschaften von Kopf bzw. Stent dieses Miniimplantatsystems. Er erläutert damit verbundene Vorteile und zeigt auf, wie erwähnte Schraubenteile die Verbindung von praktischen Erfahrungen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen repräsentieren. Zwar sind seit dem Jahre 2007, in dem die Entwicklungen rund um die Infinitas-Schraube abgeschlossen wurden, zahlreiche klinische wie veterinärmedizinische Studien zum Thema Miniimplantate erschienen. Dennoch ist es beruhigend festzustellen, dass alle aktuell publizierten Untersuchungen die Designgrundsätze dieses Systems bestätigen.

Infinitas-Eigenschaften

Das Infinitas-Mikroimplantat greift hinsichtlich seiner drei Grundbestandteile – Kopf, Hals sowie einem Körper, der aus einer hochfesten chirurgischen Titanlegierung (Ti-6Al-4V) gefertigt ist – andere Designs auf. Die meisten dieser anderen Designs weisen jedoch entweder verschiedene Kopfformen oder zwei getrennte Plattformen/Levels am Kopf auf. Teils sind beispielsweise Kreuz-Slots am oberen Kopfende,



Abb. 2: Präzise in den Stent-Führungszyylinder passender Infinitas-Schraubendreher für die kontrollierte Insertion in allen drei Dimensionen.

ein Kanal zum Einlegen von Drähten oder ein externer rundum verlaufender Unterschnitt für Traktionszwecke vorhanden. Solche Köpfe sind im Mund jedoch relativ prominent. Im Gegensatz dazu verfügt der Infinitas-Kopf über ein einzigartiges, hoch entwickeltes multifunktionelles Design (Patentanmeldung), welches sowohl den Kreuz-Slot als auch interne wie externe Unterschnitte auf einem Level kombiniert (Abb. 1). Das bedeutet,



Abb. 3: Diagramm der kortikalen Knochenstanzung, die (transmukosal) zur Perforation der dichten kortikalen Platte eingesetzt wurde.

das der Kopf zwar ein flaches Profil aufweist, dennoch aber die direkte Applikation jeglicher Traktionsmechanismen und Bögen (bis zur Stärke 0.0210 x 0.0250) gestattet. So können insbesondere konventionelle Nickel-Titan-Federn direkt am bracketenartigen Schraubenkopf befestigt werden.

Neben dem Patientenkomfort weist Infinitas aufgrund seines flachen Profils nennenswerte biomechanische Vorteile auf, denn es limitiert das Verhältnis von Kopf- bzw. Halslänge zur Körperlänge. Damit verringert sich das Risiko der von Butcher et al. (2005)¹ beschriebenen unerwünschten Kippmomente. Um zu gewährleisten, dass die Dimensionen des Kopfes so gering wie möglich ausfallen, umgreift der Schraubendreher beim Einbringen des Miniimplantats anstelle des Implantatkopfes den Hals. Der koronale Teil des Halses wurde dafür fünfeckig gestaltet (Abb. 1) und passt somit exakt in den inneren Teil des Schraubendrehers. Der apikale Teil des Halses verjüngt sich konisch, um das Miniimplantat sowohl aufrecht als auch mit einer gewissen Neigung zur kortikalen Platte unter leichter Kompression der angrenzenden Mukosa einbringen zu können. Aktuelle In-vitro-Studien legen nahe, dass die Insertion mit einer geringen Neigung von ca. 25 Grad bei selbstschneidenden Miniimplantaten die höchsten Drehkräfte gewährleistet.²

Bei Infinitas werden zwei verschiedene Versionen von Halslängen angeboten – 1,5 und 2,5 mm, um den typischen bukkalen und palatalen Mukosastärken zu entsprechen. Diese Angaben decken sich mit Ultraschallmessungen der durchschnittlichen Stärke der alveolaren Mukosa.³ Auch wenn bukkale Insertionen routinemäßig mit einer transmukosalen Technik durchgeführt werden, steht dem Kieferorthopäden ein individuell angepasstes, mehrfach verwendbares Mukotom (Weichbewebs-Stanze) zur einfachen Entfernung loser oder dicker Mukosa (z.B. palataler Insertionsstellen) zur Verfügung.

Der Infinitas-Körper ist in insgesamt vier Größenvariablen zu beziehen: mit 1,5 bzw. 2 mm Durchmesser sowie in den Längen 6 bzw. 9 mm. In Kombination mit den beiden Halsvariablen und dem universellen Kopfdesign ermöglicht somit ein Gesamtsortiment von fünf Miniimplantaten alle alveolaren und palatalen Insertionsvarianten (Tabelle 1). Dies vereinfacht dem Anwender sowohl den Entscheidungsprozess als auch die Lagerhaltung.

Alle Schraubkörper verfügen über selbstschneidende, asymmetrisch modifizierte Sägezahngehwinde und -spitzen. Diese Selbstschneidfähigkeit unterstützt die Erhaltung von möglichst viel originalem Knochengewebe, was bei



Abb. 4: Röntgenaufnahme eines Miniimplantats, das von einem Oralchirurgen zwischen die bukkalen Wurzeln des oberen Molaren gesetzt wurde. Die geplante Position lag jedoch mesial dieses Molaren.



Abb. 5: Die grundlegenden Führungskomponenten: Gegenstück, Anschlag und Führungszylinder.

Insertionstechniken mit Vorbohrung nur eingeschränkt möglich ist.^{4,5} Forschungsarbeiten, z.B. von Wilmes und Kollegen, haben zudem gezeigt, dass die kortikale Platte die grundlegende Basis für die primäre Stabilität bildet und dass der Durchmesser des Körpers wiederum einen kritischen Faktor für die Stabilität darstellt.^{2,6-9} Es ist daher außerordentlich vorteilhaft, die kortikale Platte maximal mit einzubeziehen. Dies wird mittels zweier spezifischer Infinitas-Designigenschaften erzielt: Erstens reicht das Gewinde bis zum koronalen Ende des Körpers, sodass das Miniimplantat vollständig im Knochen eingesetzt werden kann. Zweitens besitzt die Version mit 1,5-mm-Körper einen breiteren koronalen Abschnitt, sodass sich der Durchmesser des Ge-

windes (und des Körperkerns) langsam von 1,5 mm erweitert, bis er schließlich an der Verbindung zum Hals 2 mm erreicht. Dieser Umstand führt zu einer klinisch spürbaren Erhöhung der erforderlichen Drehkraft im finalen Moment des Inserierens. Ein Fakt, der sich an Untersuchungsergebnissen orientiert, die konisch zulaufende zylindrische Körperdesigns als vorteilhaft einstufen,^{7,9-12} Infinitas-Miniimplantate können daher unmittelbar nach deren Einsetzen belastet werden.

Ein weiterer Vorteil des konisch geformten Körpers ist dessen Fähigkeit, die Stabilität in diesem kritischen Bereich enorm zu verbessern, da bereits ein Zuwachs von 0,2 mm Durchmesser die Stabilität um 50 % erhöhen kann.¹³ Daher ist das Risiko des Schraubenbruchs hier reduziert, während bei schmalen vorgebohrten Miniimplantaten über Bruchraten von 4% berichtet wird.¹⁴ Da in der Regel mehrere Millimeter Kortikalis und Spongiosa oberhalb der Wurzeloberfläche liegen,¹⁵ sollte der breite koronale Teil des Körpers nicht mit den anliegenden Wurzeln in Berührung kommen (Voraussetzung ist natürlich das generelle Vorhandensein von ausreichend Interproximalraum).

Viele Studien haben die Insertionsdrehkraft (Widerstand) als Indikator für die primäre Stabilität genutzt.^{2,6,7-9} Im Allgemeinen weist eine geringe Drehkraft beim Inserieren auf eine geringe Primärstabilität hin, während eine exzessive Drehkraft zu sekundärem (verzögertem) Versagen im Ergebnis der Drucknekrosen am Knochen führt. Dies geschieht in der Mandibula mit höherer Wahrscheinlichkeit als in der Maxilla, da die Kortex dort dichter ist.¹⁶ Es wurde beobachtet, dass beim Einsetzen später versagender Miniimplantate signifikant höhere Kräfte erforderlich waren als bei erfolgreich inserierten.⁶ Wilmes et al. (2006)⁷ zeigten, dass eine Vorbohrung die Drehkräfte insbesondere auf den ersten

DURCHMESSER	KÖRPERLÄNGE	HALSLÄNGE	TYPISCHE IMPLANT.-GEBIETE
1,5	9	kurz	Maxilla – bukkal
1,5	6	kurz	Mandibula/anterior Maxilla
1,5	9	lang	Maxilla – palatal
2,0	6	lang	mittlpalatal
2,0	9	lang	Zahnlose Bereiche/ temporäre Auflage

Das vollständige Sortiment der fünf Infinitas-Minischrauben, gelistet nach Größen und typischen Implantationsgebieten.



Abb. 6: Führungszylinder über Anschlag und Gegenstück platziert (ins Gipsmodell eingesetzt).



Abb. 7: Zwölfjähriges Mädchen nach chirurgischer Exposition der uneruptierten oberen Schneidezähne und Extraktion aller zweiten Molaren.

2 mm der Eindringtiefe verringert und empfehlen das Vorbohren bei Implantationen in Gebieten mit hoher Kortexdichte. Konventionelles Vorbohren erfordert jedoch zur Vermeidung von Hitze-Nekrosen ein chirurgisches Handgerät mit niedriger Umdrehungszahl sowie die Befuchtung mit Kochsalzlösung. Es erscheint daher als ideal, Implantationsstellen mit dichter Kortex zu perforieren, um exzessive Drehkräfte zu vermeiden, das Spongiosabett jedoch nicht zu durchdringen und zur Vereinfachung des Insertionsprozesses konventionelles Vorbohren zu vermeiden. Das Infinitas-System ermöglicht dieses ausgewogene Vorgehen mittels einer angepassten Kortikalis-Stanze. Mit deren Hilfe können dichte Kortikalisbereiche mit einfachen manuellen Rotationen bis zu einer maximalen Tiefe von 2 mm perforiert werden (Abb. 3). Diese Stanze kann auch für eine Vertiefung in der Kortex verwendet werden, um ein Verrutschen des Miniimplantats beim Einbringen mit Neigung zu verhindern. Sie passt exakt in den Infinitas-Führungsstent.

Infinitas-Guidance-System

Beim Inserieren von Miniimplantaten können Probleme bei deren Positionierung auftreten, wenn der Interproximalraum begrenzt bzw. ein visueller und/oder physischer Zugang durch die Mundhöhle eingeschränkt ist. Dies geschieht häufig, wenn Minischrauben in posterioren oder palatalen Bereichen gesetzt werden. Zu weiteren Problemen kann es kommen, wenn die Implantation durch einen weniger erfahrenen Kieferorthopäden oder Chirurgen (häufiger als durch einen Kieferorthopäden) wie in Abbildung 6 durchgeführt wird. Um diese Probleme zu vermeiden, wurden mehrere indirekte Planungstechniken vorgeschlagen, z.B. der Einsatz eines Separierungsdrahtes aus Messing oder

einer speziell angepassten Drahtführung, die zwischen die angrenzenden Zähne sowie über dem möglichen Implantationsgebiet platziert wird. Diese Markierungen werden dann in situ mittels Röntgenaufnahme aufgezeichnet, um sie ins Verhältnis zur geplanten Insertionsstelle zu setzen und somit die Entfernung zu den angrenzenden Zahnwurzeln darzustellen.¹⁷⁻²⁰ Doch auch genannte Drahtmarkierungen bieten nur beschränkte visuelle Informationen und keine physische Führung für die Implantation mit Neigungswinkel. Zudem erfordert die Technik zusätzliche präoperative Röntgenaufnahmen (mit der Markierung in situ) und es kann nicht garantiert werden, dass die Untersuchung nicht durch die Parallaxe beeinflusst wird. In jüngerer Zeit hingegen wurde über die direkte physische Führung bei Vorbohrungen mithilfe angepasster Stents berichtet, die jedoch bei selbstschneidenden Implantationsverfahren nicht einsetzbar sind.^{21,22} Auch die Führung mithilfe eines Metallrings wurde beschrieben. Doch selbst wenn diese Variante bei selbstschneidenden Verfahren eingesetzt werden kann, ist dabei ein exzessives laterales Bewegen des Implantationsinstrumentes im Ring und eine visuelle Kontrolle der Schraubenausrichtung sowie der

umgebenden Hülse erforderlich.²³ Wenn mit Positionierungsproblemen bzw. einem extrem geringen Abstand zwischen Wurzel und Miniimplantat zu rechnen ist, sollte zur Minimierung des Risikos idealerweise ein Stent verwendet werden. Dieser kann verlässlich 3-D-Informationen planungsgemäß in die einzelnen Insertionsstadien übertragen. Für selbstschneidende Insertionen sollte der Stent eine akkurate physische Führung des Implantationsinstrumentes und des Miniimplantats selbst bieten. Cousley und Parberry (2006)²² beschrieben einen solchen Stent, doch dies erforderte eine Reihe zeitaufwendiger Laborschritte, um jeden einzelnen Stent individuell zu fertigen. Das Infinitas-Guidance-System löst dieses Problem mit drei einfachen Komponenten: einem Miniimplantat-Gegenstück mit Anschlag und Führungszylinder (Abb. 5). Diese Teile passen präzise ineinander und bilden mit einer vakuumgeformten Basisplatte einen Stent, der das Einbringen der Schraube ermöglicht. Der Infinitas-Stent wird in folgenden sechs Schritten gefertigt, entweder vom Kieferorthopäden selbst (bei Vorhandensein eines Tiefziehgerätes) oder einem Zahntechniker (nach Anweisung des Kieferorthopäden):

1. Planen Sie die optimale dreidimensionale Insertionsposition und -neigung mithilfe von Zahnmodell und Röntgenaufnahmen (z.B. Panorama-Tomografie oder Intraoralaufnahmen).
2. Bohren Sie mit einem Gipsbohrer im Modell vor. Dabei ist es wichtig, dass der Bohrer exakt im gewünschten 3-D-Winkel gehalten wird, damit der geplante vertikale und mesiodistale Einsetzwinkel entsteht.
3. Setzen Sie das Miniimplantat-Gegenstück manuell in das Modell ein.
4. Setzen Sie den Anschlag auf das Gegenstück. Er funktioniert als Extensionsarm und macht den Einsetzwinkel des Gegenstücks besser sichtbar. Wenn die 3-D-Position suboptimal



Abb. 8 a und b: Die Röntgenaufnahmen post implantationem zeigen die Vorteile der akkuraten Implantation einer Minischraube zwischen den palatalen Wurzeln des oberen zweiten Prämolaren und der ersten Molaren.





Abb. 9: Traktionskräfte, die von den Miniimplantaten auf die palatalen Flächen der oberen Prämolaren zur Distalisierung der bukkalen Zähne bis zur Klasse I aufgebracht wurden.



Abb. 10: Verankerung der bukkalen Zähne während einer Retraktion der anterioren Zähne.

erscheint, sollte es vom Modell entfernt und das Einsetzen an einer anderen Position/mit anderer Neigung wiederholt werden (Bitte denken Sie daran, dass dieser Prozess hier wesentlicheinfacher als am Patienten wiederholbar ist).

5. Schieben Sie den Führungszylinder über den Anschlag (Abb. 6).
6. Formen Sie die Basisplatte des Stents durch Platzierung des zusammengefügt Modells mit Anschlag und Führungszylinder in einer druckerzeugenden Apparatur, wie sie z. B. für die Fertigung von Retainern genutzt wird. Die Basisplatte, die den Führungszylinder enthält, wird dann auf die gewünschte Größe geschnitten (Abb. 2).



Abb. 11a und b: Ansichten des Palatums und der Okklusion beim Debonding mit simultaner Explantation der Miniimplantate.

Alle drei Infinitas-Insertionsinstrumente (Weichteil- und Knochenstanze, Schraubendreher) passen präzise in den Führungszylinder. Die Präzision ist hierbei genauso hoch wie zwischen Führungszylinder und Anschlag. Die physische Führung durch den Infinitas-3D-Stent hat mehrere zusätzliche Vorteile: Erstens bietet sie einen stabilen Einsetzpunkt und vermeidet ein Abgleiten der Schraubenspitze über die Oberfläche der Kortikalis beim Einsetzen mit Neigungswinkel. Zweitens reduziert sich die Variation der Einsetzrichtung, wodurch das Implantationsbett eng begrenzt bleibt und das Risiko eines Bruchs der selbstschneidenden Implantat Spitze minimiert wird. Außerdem sind weniger Röntgenaufnahmen erforderlich, da für die Fertigung des Stents keine zusätzlichen Aufnahmen benötigt werden. Zudem kann der Infinitas-Stent so gefertigt werden, dass er auf eine bereits vorhandene feste Apparatur gesetzt wird und akkurate Insertionen während der Behandlung ermöglicht.

Fallbeispiel

Die Abbildungen 7 bis 11 zeigen ein zwölfjähriges Mädchen mit schwer hypoplastischen zweiten Molaren sowie verkeilten oberen zentralen Schneidezähnen. Initial war hier eine kieferorthopädische Ausrichtung der uneruptierten Schneidezähne mit nachfolgender Distalisierung der posterioren Zähne (nach Verlust der zweiten Molaren) erforderlich, um das Problem der Schneidezähne vollständig zu lösen. Es wurden Infinitas-Miniimplantate (1,5 mm Durchmesser, 9 mm Körperlänge, Version mit kurzem Hals) palatal gesetzt, sodass die Prämolaren und Molaren bis zu 4 mm distalisiert werden konnten. Die Anwendung eines Stents gewährleistete, dass die Schrauben geneigt und unmittelbar neben der palatalen Wurzel des zweiten Molaren gesetzt werden konnten. Somit entstand ausreichend Raum für die distale Bewegung der angrenzenden Prämolaren,

ohne dass es zu einer Berührung der Miniimplantate gekommen ist.

Adresse*

ODS GmbH
 Dorfstraße 5f
 24629 Kisdorf
 Freecall: 0800/40 06 00-1
 Freefax: 0800/40 06 00-2
 E-Mail: info@orthodont.de
 www.orthodont.de

Kurzvita



Dr. Richard Cousley

Dr. Cousley studierte Anatomie und Zahnmedizin in Belfast. Im Anschluss arbeitete er als maxillofazialer Chirurg, bevor er eine dreijährige Ausbildung zum Kieferorthopäden antrat. Um sich weiter zu spezialisieren, absolvierte er zwei Zusatzausbildungen an Krankenhäusern in Yorkshire. Seit 2001 ist Dr. Cousley als Fachzahnarzt für KFO im englischen Peterborough tätig. Bereits seit dem Jahre 2000 interessiert sich Dr. Cousley zunehmend für das Thema Knochenverankerungen. So arbeitete er anfangs mit Gaumen-, mittlerweile mit Miniimplantaten. Er veröffentlichte zahlreiche wissenschaftliche Beiträge zu den verschiedensten technischen Themen, z.B. zum Design von 3-D-Chirurgie-Stents. Diese Erfahrungen aus Klinik und Forschung sowie die persönliche Enttäuschung über bis dato am Markt existierende Systeme gaben Dr. Cousley den Anlass für die Entwicklung des Infinitas™-Miniimplantat-Systems. Dieses ist seit 2007 erhältlich.