

Mini- and Micro-screws for Temporary Skeletal Anchorage in Orthodontic Therapy

Mini- und Mikroschrauben zur temporären skelettalen Verankerung in der Kieferorthopädie

Axel Berens¹, Dirk Wiechmann², Rupert Dempf³

Abstract

Objective: Mini- and micro-screws are of increasing interest in orthodontic therapy in cases where maximum anchorage is requested. In this study we aimed to identify the criteria that influence the clinical success of micro-implants.

Material and Methods: 239 micro-implants were inserted for skeletal anchorage in 85 patients undergoing orthodontic therapy. The survival rates of the first 133 implants were analyzed and those results were later applied in treating subsequent patients.

Results: In so doing, we were able to reduce the loss rate from 23% to 5%. Using thicker implants on the labial side of the lower jaw and the lingual side of the upper jaw was an important factor in reducing failure rates. We found the lower jaw's lingual side to be an inadequate region for inserting micro-implants. Thinner micro-implants were selected for the upper jaw's labial side.

Conclusion: By following these guidelines, practitioners may find mini- and micro-screws to offer reliable orthodontic support.

Key Words: Orthodontics · Anchorage · Implant

Zusammenfassung

Ziel: Mini- und Mikroschrauben sind von zunehmendem Interesse als Ergänzung der kieferorthopädischen Therapie, um maximale Verankerung zu erreichen. Ziel der vorliegenden Studie war es, Kriterien herauszuarbeiten, die die Erfolgsrate der Miniimplantate beeinflussen.

Material und Methodik: Bei 85 Patienten wurden insgesamt 239 Miniimplantate zu kieferorthopädischen Zwecken inseriert. Die Ergebnisse der ersten 133 inserierten Implantate wurden analysiert und die gewonnenen Erkenntnisse auf alle folgenden Patienten angewandt.

Ergebnisse: Es gelang hierdurch, die Verlustrate von 23% auf 5% zu senken. Ausschlaggebend für die Verringerung der Misserfolge war, dass im Unterkiefer vestibulär sowie im Oberkiefer palatinal möglichst dicke Miniimplantate benutzt wurden. Eine Implantation im lingualen Bereich des Unterkiefers wurde nicht mehr durchgeführt; auf der vestibulären Seite des Oberkiefers wurden dünnere Mikroschrauben gewählt.

Schlussfolgerung: Bei Beachtung dieser Auswahlkriterien konnte mit Mini- und Mikroschrauben eine verlässliche Ergänzung der kieferorthopädischen Mechanotherapie erreicht werden.

Schlüsselwörter: Kieferorthopädie · Verankerung · Implantat

¹ Private Practice of Oral, Maxillo-facial Surgery, Hannover, Germany

² Department of Orthodontics, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Germany

³ Hospital and Department of Oral, Maxillo-facial Surgery, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Germany

Received: January 3, 2006; accepted: October 23, 2006

J Orofac Orthop 2006;67:450–8

DOI 10.1007/s00056-006-0601-1

Introduction and Questions

Ensuring maximum anchorage is a frequent challenge facing orthodontists [1, 6]. Thus there have been numerous skeletally-anchored mechanisms developed recently to help prevent anchorage loss. To begin with, Melsen et al. [11] reported skeletal anchorage with the help of wire ligatures fixed in the zygomatic region. Robert's achievements [14], in which he exposed dental implants to orthodontic forces, were essential in the use of implants for skeletal anchorage. Dental implants used for prosthetic purposes are usually subject to discontinuous axial stress. However, orthodontic forces have a continuous and extra-axial effect on the implants used. Roberts was able to show that osseointegration of the implants was guaranteed in spite of such stress. Wehrbein et al. [16] treated cases using the Orthosystem, a palatal implant with maximum anchorage in the upper jaw.

Another skeletal anchorage element was osteosynthesis plating, whereby the shape of the plates was adjusted to accommodate various functions [15].

To reduce the invasiveness of skeletal anchorages, we placed single osteosynthesis screws as anchorages and used mini- and micro-screws (MS) developed especially for use in orthodontics [3]. Screws having an outer diameter of 2.0 mm or more around the thread are called mini-screws. Micro-screws have a thread diameter of up to 1.9 mm.

The stability of these micro-screws during orthodontic therapy has been interpreted differently [4, 5, 13]. There are various recommendations on choosing the best-suited MS, surgical approach, loading time, and orthodontic mechanics [5, 8, 9, 10, 12].

It was the aim of this investigation to make recommendations based on our clinical experience on how MS can be applied with reproducible rates of success.

Material and Methods

239 mini- and/or micro-screws from various manufacturers were used in 85 patients of an orthodontic practice. 28% of the patients were male and 72% female. The patients were between 13 and 51 years of age (mean: 28 years) when the MS were administered. Treatment time varied greatly, depending on indication; maximum treatment took 733 days, at an average of 235 days under treatment with MS. The indication was determined by an orthodontist. Of the first 133 MS, 82 (61.7%) were placed for a gap closure from mesial in the upper jaw, and 41 (30.8%) were used as an anchorage element in the lower jaw for a gap closure from distal. Other indications such as intrusion, molar uprighting or distalization of maxillary teeth were only occasional. The MS were inserted by two different clinicians, one of whom is an orthodontist and the other an oral-maxillofacial surgeon. Insertion took place in an orthodontic practice under the standardized conditions described below.

All instruments and materials used were sterilized according to the manufacturer's instructions and placed in a

Einleitung und Fragestellung

Maximale Verankerung ist eine Aufgabe, die sich in der orthodontischen Therapie häufig stellt [1,6]. Zur Vermeidung eines Verankerungsverlustes sind in den letzten Jahren zunehmend auch skelettal verankerte Mechaniken entwickelt worden. Melsen et al. [11] beschrieben zunächst eine skelettale Verankerung mittels Drahtligaturen, die im Jochbeinbereich befestigt worden waren. Wichtig für eine Nutzbarmachung von Implantaten zur skelettalen Verankerung waren die Arbeiten von Roberts [14], der dentale Implantate orthodontischen Kräften aussetzte. Dentale Implantate, die zu prothetischen Zwecken eingesetzt werden, unterliegen normalerweise einer diskontinuierlichen axialen Belastung. Orthodontische Kräfte jedoch wirken kontinuierlich und extraaxial auf die benutzten Implantate. Roberts konnte zeigen, dass auch unter einer derartigen Belastung die Osseointegration der Implantate nicht verloren ging. Wehrbein et al. [16] behandelten Fälle mit maximaler Verankerung im Oberkiefer mit dem Orthosystem, einem palatinalen Implantat.

Als weitere skelettale Verankerungselemente wurden Osteosyntheseplatten eingesetzt, die dann auch in ihrer Form an die veränderte Funktion angepasst wurden [15].

Um die Invasivität des Einsatzes skelettaler Verankerungen zu reduzieren, wurden einzelne Osteosyntheseschrauben als Verankerungen eingesetzt und auch hier schließlich speziell für den Einsatz in der Kieferorthopädie entwickelte Mini- und Mikroschrauben (MS) vorgestellt [3]. Als Minischrauben werden Schrauben bezeichnet, deren Außendurchmesser im Bereich des Gewindes 2,0 mm oder mehr beträgt. Mikroschrauben besitzen einen Gewindedurchmesser von bis zu 1,9 mm.

Die Stabilität dieser MS während der kieferorthopädischen Therapie wurde unterschiedlich beurteilt [4, 5, 13]. Verschiedene Empfehlungen zur Auswahl einer geeigneten MS, zum chirurgischen Vorgehen, zum Belastungszeitpunkt und zur orthodontischen Mechanik wurden genannt [5, 8, 9, 10, 12].

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, anhand von klinischen Erfahrungen Empfehlungen herauszuarbeiten, anhand derer der Einsatz von MS mit reproduzierbaren Erfolgsraten möglich ist.

Material und Methodik

Bei 85 Patienten einer kieferorthopädischen Praxis wurden 239 Mini- bzw. Mikroschrauben unterschiedlicher Hersteller eingesetzt. Die Patienten waren zu 28% männlichen, zu 72% weiblichen Geschlechtes. Die Patienten hatten bei der Insertion der MS ein Alter von 13 bis 51 Jahren, Mittelwert 28 Jahre. Die Behandlungsdauer variierte erheblich in Abhängigkeit von der Indikation, die maximale Behandlungszeit betrug 733 Tage; im Mittel wurden die Patienten über einen Zeitraum von 235 Tagen mit MS behandelt. Die Indikationsstellung erfolgte durch einen Fachzahnarzt für Kie-

sterile environment. Before implantation, each patient was asked to rinse with Chlorhexidine solution. They then underwent infiltration anesthesia with 0.2–0.5 ml Ultracain DS (Hoechst GmbH, Frankfurt/M., Germany). Prior to palatal insertion, we administered conduction anesthesia of the major palatine nerve. We aimed to insert the MS within the attached gingiva. In the lower jaw, we often found it necessary to place the MS in the region of the unattached mucosa, however, there was no need to make a mucosal incision in those cases. Once the anesthesia had taken effect and after thorough periodontal probing of the neighboring teeth, we carried out transgingival predrilling in the cortical bone by cooling the drill with physiological NaCl solution. The maximum number of revolutions was 500 R/min. For micro-screws 1.3–1.6 mm in diameter, we used a drill having a diameter of 0.9 or 1.0 mm.

With mini-screws 2.0 mm in diameter, we used a drill with a diameter of 1.3 or 1.5 mm.

Two different MS were inserted in the first half of the study: the Dual Top Anchor Screw (Jeil Medical, Seoul, Korea) and the Absoanchor (Dentos Inc., Taegu, Korea). The Dual Top Anchor Screw is a solid self-drilling screw available in diameters of 1.4–2.0 mm, and those of 1.6–2 mm in diameter were the most frequently used. We found the Absoanchor to be a delicate self-drilling screw in the first half of the test with a diameter up to 1.8 mm. The most frequent screw diameter inserted in such cases was 1.3 mm.

The MS was then inserted manually with a screwdriver or with the help of a contra-angle low-speed handpiece. We used physiological NaCl solution to cool the area. In each case the MS was submerged deep enough so that the screwhead was lying flat on the gingiva. The MS were then immediately loaded with orthodontic forces that reached a maximum value of 150 cN.

As a rule, one MS was inserted on the labial side, and another on the lingual side of the jaw. The load on the MS was applied via an elastomeric chain which was inserted on both sides to prevent rotary forces. The patients had to return for clinical check-ups every 3–4 weeks.

Once the treatment target had been reached, the MS were removed, and those MS that had become seriously loosened were removed whenever they could not be stabilized via renewed screwing. Those MS that had been successfully re-screwed were left intact, as were those that had become only a little loosened.

Once 133 MS had been inserted, we carried out a preliminary evaluation 10 months after the start of the investigation. Those results were then taken into consideration while treating the subsequent patients in part 2 of the investigation, leading to the restrictions in the choice of implant described below.

1) No MS were inserted on the lingual side of the lower jaw.

ferorthopädie. Von den ersten 133 MS wurden 82 (61,7%) für einen Lückenschluss von mesial im Oberkiefer eingesetzt, 41 MS (30,8%) wurden im Unterkiefer für einen Lückenschluss von distal als Verankerungselement benutzt. Andere Indikationen wie Intrusion oder Aufrichtung von Molaren oder eine Distalisierung im Oberkiefer wurden nur vereinzelt gestellt. Die Insertion der MS erfolgte durch zwei unterschiedliche Behandler, von denen einer ein Fachzahnarzt für Kieferorthopädie, der andere ein Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie war. Die Insertion der MS erfolgte in der kieferorthopädischen Praxis unter folgenden standardisierten Bedingungen:

Sämtliche verwendeten Instrumente und Materialien wurden gemäß den Herstellerangaben sterilisiert und unter sterilen Bedingungen eingesetzt. Vor der Implantation wurde der Patient gebeten, die Mundhöhle mit Chlorhexidin-Lösung auszuspülen. Anschließend erfolgte die Infiltrationsanästhesie mit 0,2–0,5 ml Ultracain DS (Hoechst GmbH, Frankfurt/M., Deutschland). Bei palatinaler Insertion erfolgte eine Leitungsanästhesie des N. palatinus maior. Grundsätzlich wurde versucht, die MS innerhalb der befestigten Gingiva zu inserieren. Im Unterkiefer war es häufig erforderlich, die MS im Bereich der beweglichen Mukosa zu inserieren, eine Schleimhautinzision wurde jedoch auch in diesen Fällen nicht vorgenommen. Nach Einwirken der Anästhesie und gründlicher Parodontalsondierung der Nachbarzähne erfolgte eine transgingivale Vorbohrung des kortikalen Knochens unter Kühlung des Bohrers mit physiologischer Kochsalzlösung. Die Höchstdrehzahl betrug 500 U/min. Für Mikroschrauben der Durchmesser 1,3–1,6 mm wurden Bohrer der Durchmesser 0,9 oder 1,0 mm genommen.

Bei Minischrauben von 2,0 mm Durchmesser wurde ein Bohrer von 1,3 oder 1,5 mm Durchmesser gewählt.

Es wurden im Rahmen der ersten Studienhälfte 2 verschiedene MS eingesetzt: die Dual Top Anchor Screw (Jeil Medical, Seoul, Korea) und der Absoanchor (Dentos Inc., Taegu, Korea). Bei der Dual Top Anchor Screw handelte es sich um eine stabile selbstbohrende Schraube, die in einem Durchmesser von 1,4 bis 2,0 mm vorhanden war. Am häufigsten wurde diese Schraube mit den Durchmessern 1,6 oder 2 mm eingesetzt. Der Absoanchor lag zur ersten Versuchshälfte als grazilere, selbstschneidende Schraube mit einem Durchmesser von bis zu 1,8 mm vor. Hier wurde überwiegend ein Schraubendurchmesser von 1,3 mm eingesetzt.

Die MS wurde darauf entweder manuell mit einem Schraubendreher oder mittels eines langsam laufenden Winkelstückes eingebracht. Hierbei wurde mit physiologischer Kochsalzlösung gekühlt. Die MS wurde in jedem Falle so tief versenkt, dass der Schraubenkopf der Gingiva auflag. Es erfolgte eine sofortige Belastung der MS mit orthodontischen Kräften, die maximal einen Wert von 150 cN erreichten.

Es wurden in der Regel sowohl eine MS auf der vestibulären Seite als auch eine weitere MS auf der lingualen Kieferseite inseriert. Die Belastung der MS erfolgte direkt über

- 2) Mini-screws 2.0 mm in diameter were preferably inserted on the labial side of the lower jaw.
 - 3) MS at least 1.5 mm in diameter were inserted on the palatal side of the upper jaw.
 - 4) A maximum implant diameter of 1.5 mm was inserted on the labial side of the upper jaw.
- All other surgical and orthodontic treatment parameters were unchanged.

Results

The average loss rate was 23.3%. within the first series of 133 MS. 7.5% of the MS could be continuously loaded despite minimal loosening. 0.8% of the MS could continue to be used after re-fixing. 7.5% of the MS had been removed according to plan by the follow-up examination, whereas 60.9% of the MS remained in situ at that time.

The loss rate in the upper jaw was 13% and 44% in the lower jaw.

The loss rates of various MS in the different locations are shown in Table 1.

What proved striking in the first series of 133 MS was the delicate Absoanchor microscrew, which revealed high loss rates of 46.7% on the labial side of the lower jaw, whereas the Dual Top Miniscrew 2.0 mm in diameter showed a loss rate of just 7.1% in the same location. Both screw systems showed high loss rates of 76.9% and 100%, respectively, on the lingual side of the lower jaw.

The more delicate microscrew having a diameter of 1.3 mm showed a loss rate of 5.1%, clearly lower than that of the Dual Top screw at 16.7% on the labial side of the upper jaw.

On the palatal side of the upper jaw we observed a loss rate of 12.1% for the Dual Top screw, much lower than the Absoanchor's loss rate of 41.7%.

Taking these results into consideration, as well as the experience gained during the first series of MS in the patients, we were able to achieve a clear reduction in the loss

eine Gummikette. Durch die beidseitige Platzierung sollten Rotationskräfte vermieden werden. Eine klinische Kontrolle der Patienten erfolgte in regelmäßigen Abständen von 3–4 Wochen.

Die MS wurden entfernt, wenn das Behandlungsziel erreicht worden war. Massiv gelockerte MS wurden entfernt, wenn ein erneutes Festschrauben zu keiner Stabilisierung führte. Wieder festgeschraubte oder nur geringfügig gelockerte MS wurden belassen.

Nach 133 gesetzten MS wurde 10 Monate nach Beginn des Versuches eine Vorauswertung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Auswertung wurden bei den nachfolgenden Patienten im 2. Teil der Studie berücksichtigt und führten zu den folgenden Einschränkungen der Implantatauswahl:

- 1) Auf eine Insertion von MS auf der lingualen Seite des Unterkiefers wurde verzichtet.
 - 2) Auf der vestibulären Seite des Unterkiefers wurde Minischrauben von 2,0 mm Durchmesser der Vorzug gegeben.
 - 3) Auf der palatinalen Seite des Oberkiefers wurden MS von mindestens 1,5 mm Durchmesser inseriert.
 - 4) Auf der vestibulären Seite des Oberkiefers wurde ein Implantatdurchmesser von höchstens 1,5 mm eingesetzt.
- Alle anderen Parameter der chirurgischen bzw. kieferorthopädischen Behandlungsweise wurden unverändert beibehalten.

Ergebnisse

Die durchschnittliche Verlustrate innerhalb der ersten Serie von 133 MS betrug 23,3%. Ein Anteil von 7,5% der MS konnte trotz geringfügiger Lockerung weiter belastet werden. 0,8% der MS konnten nach Refixierung weiter benutzt werden. 7,5% der MS waren zum Nachuntersuchungszeitpunkt bereits planmäßig entfernt worden, während sich noch 60,9% der MS fest in situ befanden.

Im Oberkiefer betrug die Verlustrate 13%, im Unterkiefer 44%.

Table 1. Loss rates of various mini-implants according to site of insertion, first part of study.

Table 1. Verlustraten verschiedener Schraubensysteme in Abhängigkeit vom Insertionsort, erster Studienteil.

Percentage of failure rate, 1st part of the study		
	Dual TOP	Absoanchor
UJ and LJ	13.0	30.4
UJ	12.8	13.7
LJ	13.3	60.7
UJ labial	16.7	5.1
UJ palatal	12.1	41.7
LJ labial	7.1	46.7
LJ lingual	100.0	76.9

Table 2. Loss rates of various mini-implants according to site of insertion, second part of study.

Table 2. Verlustraten verschiedener Schraubensysteme in Abhängigkeit vom Insertionsort, zweiter Studienteil.

Percentage failure rate, 2nd part of the study			
	Dual TOP	Absoanchor	Total
UJ and LJ	5.2	3.4	4.7
UJ	5.9	3.4	5.0
LJ	3.8	Not placed	3.8
UJ labial	0.0	3.4	2.4
UJ palatal	7.7	Not placed	7.7
LJ labial	3.8	Not placed	3.8
LJ lingual	Not placed	Not placed	Not placed

rate. While 31 implants of the 133 MS placed (23.3%) were prematurely lost, only 5 MS of implants 134–239 were lost. Thus the loss rate was only 4.7% in the second part of the study. The difference between the loss rates of the study's two parts is highly significant with $p < 0.000$ in the Pearson's chi-square test.

Table 2 shows loss rates of the various MS at the different locations in the second part of the study (note that according to the study protocol, certain combinations of location and type of MS no longer occurred). All loss rates ranged between 0 and 10%; the highest loss rate (7.7%) appeared palatal in the upper jaw.

Apart from losing MS, complications were rare. No patient suffered from bleeding or abscesses. There were no clinically or radiologically-proven tooth injuries observed. Implant losses were accompanied by a local inflammation reaction which healed completely after implant removal.

There were a few cases of mucosal irritations, mainly in the lower jaw when the MS was being placed in the mobile mucosa area; this did not, however, lead to any MS destabilization. It was rare that MS had to be removed due to such irritation, being no longer visible because of tissue hyperplasia, or because the patient suffered discomfort due to irritation.

Case Report

The following case study describes the successful use of MS:

A 16-year-old patient suffered the loss of a 6-year molar (Figure 1) during final orthodontic treatment due to an unfortunate mix-up. The decision was made to mesialize tooth 47 in order to avoid a prosthetic solution. It was most important to prevent any loss of anchorage. Using the anterior to the space as anchorage unit would have resulted in insufficient anchorage and loss of the existing Class I occlusion in



Figure 1. Loss of tooth 46 in a 16-year-old girl.

Abbildung 1. Verlust des Zahnes 46 bei einer 16-jährigen Patientin.

Die Verlustraten verschiedener MS in den unterschiedlichen Lokalisationen zeigt Tabelle 1.

Auffällig war hierbei, dass innerhalb der ersten Serie von 133 MS die grazile Mikroschraube, der Absoanchor hohe Verlustraten von 46,7% auf der vestibulären Seite des Unterkiefers zeigte. In der gleichen Lokalisation zeigte die Dual Top Minischraube von 2,0 mm Durchmesser nur eine Verlustrate von 7,1%. Auf der lingualen Seite des Unterkiefers waren beide Schraubensysteme mit hohen Verlustraten von 76,9% bzw. 100% belastet.

Auf der vestibulären Seite des Oberkiefers zeigte sich jedoch mit 5,1% eine deutlich geringere Verlustrate für die grazilere Mikroschraube von 1,3 mm Durchmesser als für die Dual Top Schraube mit 16,7%.

Auf der palatinalen Seite des Oberkiefers ergab sich eine geringere Verlustrate für die Dual Top Schraube mit 12,1% gegenüber 41,7% bei dem Absoanchor.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse sowie weiterer Erfahrungen aus der ersten Serie von MS am Patienten gelang eine deutliche Reduktion der Verlustrate. Während von den ersten 133 gesetzten MS 31 Implantate vorzeitig verloren gingen, die Verlustrate also 23,3% betrug, gingen von den Implantaten 134–239 insgesamt nur 5 MS verloren. Die Verlustrate betrug im zweiten Teil der Studie also nur noch 4,7%. Der Unterschied zwischen den Verlustraten der beiden Studienteile war hochsignifikant mit $p < 0,000$ im Pearson-Chi-Quadrat-Test.

Tabelle 2 zeigt die Verlustraten der unterschiedlichen MS in den verschiedenen Lokalisationen im zweiten Studienteil. Zu beachten ist hierbei, dass gemäß dem Studienprotokoll bestimmte Kombinationen aus Lokalisation und Art der MS nicht mehr vorkamen. Alle Verlustraten bewegten sich im Bereich zwischen 0 und 10%; die höchsten Verlustraten zeigten sich im Oberkiefer palatinal mit 7,7%.

Neben einem Verlust der MS waren Komplikationen äußerst selten. Bei keinem Patienten wurden Blutungen oder Abszesse beobachtet. In keinem Fall kam es zu einer klinisch oder radiologisch nachweisbaren Zahnverletzung. Implantatverluste waren von einer lokalen Entzündungsreaktion begleitet, die nach Entfernung des Implantates folgenlos abheilte.

Bei Platzierung der MS im Bereich der beweglichen Alveolarmukosa vor allem im Unterkiefer kam es in einigen Fällen zu Schleimhautirritationen, die jedoch nicht zu einer Destabilisierung der MS führten. Selten mussten MS als Folge dieser Irritation entfernt werden, da die MS durch Gewebshyperplasien nicht mehr sichtbar war oder die Irritationen den Patienten störten.

Fallbericht

Anhand eines Fallbeispiels soll der erfolgreiche Einsatz von MS verdeutlicht werden:

Bei einer 16-jährigen Patientin kam es zum geplanten Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung durch eine



Figure 2. Occlusion in the premolar region.

Abbildung 2. Verzahnung im Prämolarenbereich.



Figure 4. Occlusion in the lateral view after mesialisation of tooth 47.

Abbildung 4. Verzahnung im seitlichen Bild zum Abschluss der Mesialisierung des Zahnes.

the right premolar area (Figure 2). To ensure maximum anchorage without having to use mechanics in the patient's upper jaw, we inserted two MS for skeletal anchorage (Figure 3). They were placed as far mesially as possible into the gap region on the labial and lingual sides, and were loaded via elastomeric chains. Although the lingual micro-screw was lost early, there was successful and complete mesialization of tooth 47 with the remaining labial screw, and no anchorage loss appeared (Figure 4). The middle lines of the upper and lower jaws matched perfectly at the end of treatment. When comparing the panoramic radiograph at the beginning of treatment with the MS (Figure 5) at the end of treatment (Figure 6), we observed that tooth 47 had been successfully mesialized with no notable root resorption. By locking teeth 16 and 17 together, we aimed to prevent the elongation of tooth 17 until the eruption of tooth 48 which would lead to support.

Discussion

Our results clearly demonstrate that optimized treatment with MS can lead to a lower loss rate. The improved loss



Figure 3. Insertion of two micro-screws for skeletal anchorage.

Abbildung 3. Insertion von zwei Mikroschrauben zur skelettalen Verankerung.

Verwechslung zum Verlust des 6-Jahr Molaren (Abbildung 1). Es wurde entschieden, den Zahn 47 zu mesialisieren und eine prothetische Lösung zu umgehen. Hierbei musste ein Verankerungsverlust unter allen Umständen vermieden werden. Im rechten Prämolarenbereich zeigte sich eine Klasse-I-Verzahnung, die bei einem Lückenschluss unter Benutzung der mesial der Lücke gelegenen Zähne als Verankerung riskiert worden wäre (Abbildung 2). Um eine maximale Verankerung zu erreichen, ohne den Oberkiefer der Patientin erneut zu behandeln, wurden zwei MS zur skelettalen Verankerung inseriert (Abbildung 3). Diese wurden möglichst weit mesial in den Bereich der Lücke auf der bukkalen und lingualen Seite platziert und mittels Gummiketten belastet. Obwohl die linguale Mikroschraube frühzeitig verloren ging, gelang eine komplette Mesialisierung des Zahnes 47 mit der verbliebenen vestibulären Schraube. Hierbei trat kein Verankerungsverlust auf (Abbildung 4). Die Mittellinien von Ober- und Unterkiefer zeigten zum Abschluss der Behandlung Übereinstimmung. Der Vergleich der Orthopantomogramme zu Beginn der Behandlung mit MS (Abbildung 5) und zum Behandlungsabschluss (Abbildung 6) zeigt, dass die Mesialisierung des Zahnes 47 ohne nennenswerte Wurzelresorption gelang. Durch eine Verblockung von 16 und 17 sollte die Elongation des Zahnes 17 aufgehalten werden, bis der Durchbruch des Zahnes 48 wieder zu einer Abstützung führen würde.

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen deutlich, dass eine Optimierung der Behandlung mit MS zu einer geringeren Verlustrate führte. Die Veränderung der Verlustrate in den zwei Studienabschnitten war hochsignifikant. Entscheidend

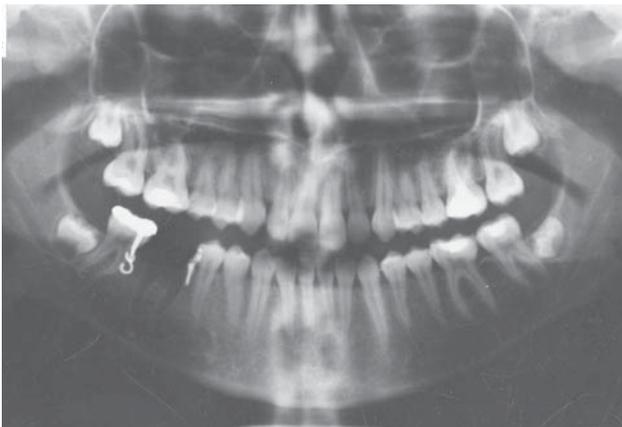


Figure 5. Radiograph after insertion of micro-screws.

Abbildung 5. Orthopantomogramm unmittelbar nach Insertion der Mikroschrauben.

rate in the second part of the study was highly significant. On the whole, 3 factors proved to be vital in lowering the loss rates, namely:

- 1) using MS with a diameter of 2.0 mm in the lower jaw
- 2) not inserting MS in the lingual lower jaw
- 3) using MS with a diameter of at least 1.5 mm in the palatal upper jaw

When these criteria are considered, we note no loss rate of more than 10% at any location, as shown in Table 2. In the first part of the study, however, there were loss rates of 40–100% with certain combinations of implants and locations.

When comparing the losses in the two parts of the study, it also becomes clear that a lower loss rate appeared even when treatment had not been altered according to the criteria mentioned above. Thus, we can assume that there were further influencing factors not described herein, such as differences in surgical technique.

First of all, the high failure rates in the lower jaw are astonishing, given that one would have anticipated lower loss rates thanks to the superior quality of the bone there. It then became apparent that those high loss rates were based on two factors: the use of micro-screws of smaller diameter, and MS insertion on the lingual side of the lower jaw. We can assume that micro-screws having a diameter clearly under 2 mm simply do not possess the stability required to cut their threads into such dense cortical bone like that in the lower jaw. In osteosynthesis, mini-screws with a diameter of 2 mm or more are mainly used in the lower jaw [7].

The insertion of screws on the lingual side of the lower jaw is technically very demanding – very short or angular screwdrivers have to be used due to the local lack of space. A screw inserted thus interferes with the patient's tongue as a rule, which could explain the high loss rate on the lingual side of the lower jaw.



Figure 6. Radiograph after mesialization of tooth 47.

Abbildung 6. Orthopantomogramm nach Mesialisierung des Zahnes 47.

für die Verbesserung der Verlustraten waren im Wesentlichen 3 Faktoren:

- 1) die Verwendung von Minischrauben eines Durchmessers von 2,0 mm im Unterkiefer
- 2) der Verzicht auf eine Insertion von MS im lingualen Unterkiefer
- 3) die Verwendung von MS eines Durchmessers von mindestens 1,5 mm im palatinalen Oberkiefer

Bei der Beachtung dieser Kriterien zeigte sich gemäß Tabelle 2 in keiner Lokalisation eine Verlustrate von über 10%. Im ersten Studienteil waren jedoch Verlustraten von 40–100% bei bestimmten Kombinationen aus Implantat und Lokalisation vorgekommen.

Der Vergleich der Verluste in den verschiedenen Studienteilen zeigte aber ebenfalls, dass auch dort eine geringere Verlustrate auftrat, wo das Vorgehen nicht gemäß den o.a. Kriterien verändert wurde. Hier ist davon auszugehen, dass weitere Einflussfaktoren bestanden, die hier nicht charakterisiert wurden, wie z.B. das individuelle Training des Operateurs.

Erstaunlich waren zunächst die hohen Misserfolgsraten im Unterkiefer, wären hier doch eigentlich geringere Verlustraten aufgrund der günstigen Knochenqualität zu erwarten gewesen. Es zeigte sich dann, dass diese hohen Verlustraten im Wesentlichen auf 2 Faktoren beruhten: der Verwendung von Mikroschrauben eines geringeren Durchmessers sowie der Insertion von MS auf der lingualen Seite des Unterkiefers. Es ist davon auszugehen, dass Mikroschrauben mit einem Durchmesser deutlich unter 2 mm nicht die erforderliche Stabilität besitzen, ihr Gewinde in eine sehr kräftige Kortikalis wie die des Unterkiefers zu schneiden. Auch in der Osteosynthese werden für den Unterkiefer vorwiegend Minischrauben eines Durchmessers von 2 mm oder mehr verwendet [7].

The fact that micro-screws of smaller diameter are so advantageous on the upper jaw's labial side can be explained anatomically: the roots of the teeth are very close to each other, thus an MS of greater diameter may touch a tooth.

Even with MS of larger diameter, we observed quite high loss rates on the palatal side of the upper jaw. In this case, mucosal thickness comes into play. The palatal mucosa is 5 mm thick in some parts, which automatically leads to a long lever arm. Yet a long lever arm is considered a decisive factor in the loss of a screw [2]. We observed the highest loss rate (of 7.7%) on the palatal side of the upper jaw in the second half of the study phase as well.

Screw length is also an important prognosis factor. Study data not shown here demonstrate a better prognosis for longer screws. This is not surprising, as a longer screw buried up to its head has greater contact with the bone tissue in which it is anchored. However, as longer screws with the same diameter raise the risk of a fracture and injury to neighbor structures, what is the optimum length for the respective locations?

Here too, anatomic facts must be considered. A minimum screw length of 10 mm makes sense in the palatal upper jaw with the above-mentioned mucosal thickness, as half the screw can be anchored in the bone. A length of 10 mm is also recommended in the labial upper jaw, as anchorage is essentially realized in spongy bone tissue and in that case, length is key to stability. In the lower jaw, the MS is retained primarily in the cortical bone, which is why shorter lengths (of 8 mm, for example) suffice.

We were able to lower the rate of implant loss from 23.3% to 4.7% by choosing the appropriate implant, in particular by using thicker implants with a diameter of 2.0 mm in the lower jaw on the labial side. Other authors have reported comparable loss rates [4] with, however, less positive values [13].

MS are a reliable enhancement to orthodontic therapy when such low loss rates can be realized.

Conclusions

The use of mini- and micro-screws is a demanding therapeutic option from both surgical and orthodontic perspectives. Low loss rates can be achieved by optimising the entire procedure. Mini- and micro-screws are a valuable expansion of therapeutic options in orthodontic mechanotherapy.

References

1. Alexander RG. The Alexander Discipline. Ormco Cooperation, Glendora, USA 1986.
2. Büchter A, Wiechmann D, Koerdt S, et al. Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. Clin Oral Implants Res 2005;16:473-9.

Auf der lingualen Seite des Unterkiefers ist eine Schraubeninsertion technisch sehr anspruchsvoll; es muss aufgrund der räumlichen Enge mit sehr kurzen Schraubendrehern oder Winkelschraubendrehern gearbeitet werden. Die dann inserierte Schraube führt in der Regel zu starken Interferenzen mit der Zunge des Patienten. Dies kann die hohe Verlustrate auf der lingualen Unterkieferseite erklären.

Dass auf der vestibulären Seite des Oberkiefers Mikroschrauben geringeren Durchmessers von Vorteil sind, kann mit den anatomischen Gegebenheiten erklärt werden: Hier stehen die Zahnwurzeln sehr gedrängt und eine MS größeren Durchmessers geht mit einem erhöhten Risiko einer Zahnberührung einher.

Auf der palatinalen Seite des Oberkiefers sind recht hohe Verlustraten auch bei MS größeren Durchmessers zu verzeichnen gewesen. Hier spielt die Dicke der Schleimhaut eine Rolle. Teilweise ist die palatinale Mukosa 5 mm dick; dies führt zwangsläufig zu einem langen Hebelarm. Ein langer Hebelarm wird jedoch als einer der entscheidenden Faktoren für einen Schraubenverlust angesehen [2]. Auch in der zweiten Studienphase zeigten sich auf der palatinalen Seite des Oberkiefers noch die höchsten Verlustraten mit 7,7%.

Die Schraubenlänge ist ebenfalls ein wichtiger Prognosefaktor. Hier nicht gezeigte Studiendaten belegten eine bessere Prognose für längere Schrauben. Dies überrascht nicht, da eine längere Schraube, die bis zum Schraubenkopf versenkt wird, auch mehr Kontakt zum verankernden Knochengewebe besitzt. Da jedoch längere Schrauben bei gleichem Durchmesser das Risiko einer Fraktur bzw. der Verletzung von Nachbarstrukturen erhöhen, stellt sich die Frage nach einer optimalen Länge in den einzelnen Lokalisationen.

Auch hier sind anatomische Gegebenheiten zu beachten. Im palatinalen Oberkiefer ist bei der erwähnten Schleimhautdicke sicherlich eine Mindestlänge von 10 mm sinnvoll, um die Hälfte der Schraube im Knochen zu verankern. Auch für den vestibulären Oberkiefer ist eine Länge von 10 mm anzustreben, da die Verankerung im Wesentlichen in spongiösem Knochen erfolgt und hier die Länge über die Stabilität entscheidet. Im Unterkiefer erfolgt die Retention der MS überwiegend in der Kortikalis. Daher sind hier geringere Längen von z.B. 8 mm ausreichend.

Durch die adäquate Implantatauswahl, insbesondere durch die Verwendung dickerer Implantate eines Durchmessers von 2,0 mm im Unterkiefer vestibulär, konnte die Verlustrate von 23,3% auf 4,7% gesenkt werden. Von anderen Autoren wurden vergleichbare Verlustraten [4] aber auch ungünstigere Werte [13] angegeben.

Bei derart geringen Verlustraten ist der Einsatz von MS eine verlässliche Ergänzung der kieferorthopädischen Therapie.

Schlussfolgerungen

Der Einsatz von Mini- und Mikroschrauben stellt eine anspruchsvolle therapeutische Option sowohl aus chirurgischer

3. Costa A, Raffainl M, Melsen B. Mini-screws as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1998;13:201-9.
4. Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Kanomi R, et al. The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. *J Dent Res* 2003;82:377-81.
5. Favero L, Brollo P, Bressan E. Orthodontic anchorage with specific fixtures: Related study analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:84-9.
6. Fontenelle A. Lingual bracket orthodontics: another approach. *Orthod Fr* 1986;57:541-57.
7. Klotch DW, Gal RL. Repair of mandibular fractures using the 2.0 mm system. A review. *J Craniomaxillofac Trauma* 1995;1:38-42.
8. Majzoub Z, Finotti M, Miotti F, et al. Bone response to orthodontic loading of endosseous implants in the rabbit calvaria: early continuous distalization forces. *Eur J Orthod* 1999;21:223-30.
9. Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res* 2000;3:23-8.
10. Melsen B, Lang NP. Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. *Clin Oral Impl Res* 2001;12:144-52.
11. Melsen B, Petersen J K, Costa A. Zygoma ligatures: an alternative form of maxillary anchorage. *J Clin Orthod* 1998;32:154-8.
12. Meyer U, Wiesmann H-P, Fillies T, Joos U. Early tissue reaction at the interface of immediately-loaded dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:1-11.
13. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, et al. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:373-8.
14. Roberts WE. Bone dynamics of osseointegration, ankylosis and tooth movement. *J Indiana Dent Assoc* 1999;78:24-32.
15. Sugawara J, Daimaruya T, Umemori M, et al. Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:130-8.
16. Wehrbein H, Glatzmeier J, Mundwiller U, Diedrich P. The Orthosystem – a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop* 1996;57:142-53.

gischer als auch kieferorthopädischer Sicht dar. Bei optimiertem Vorgehen sind geringe Verlustraten zu erreichen. Mini- und Mikroschrauben stellen eine wertvolle Erweiterung der therapeutischen Möglichkeiten in der kieferorthopädischen Mechanotherapie dar.

Correspondence Address

Dr. Dr. Axel Berens
Praxis für Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie
Peiner Str. 2
30519 Hannover
Germany
Phone (+49/511) 831-754, Fax -497
AxelBerens@web.de