

Comparison of Skeletal and Conventional Anchorage Methods in Conjunction with Pre-operative Decompensation of a Skeletal Class III Malocclusion

Vergleich skelettaler und konventioneller Verankerungsmethoden bei der präoperativen Dekompensation einer skelettalen Klasse III

Benedict Wilmes, Gudrun Olthoff, Dieter Drescher¹

Abstract

Background and Objective: When treating pronounced dentoalveolar compensation of a skeletal Class III malocclusion, pre-operative decompensation frequently requires the extraction of maxillary lateral teeth and retraction of the incisors. In this context, maximum anchorage of the maxillary molars is frequently necessary to attain the significant increase in negative overjet that is desired. The aim of this study was to compare the quality of conventional and skeletal molar anchorage using mini-implants in association with pre-operative decompensation.

Patients and Methods: Pre-operative decompensation involved the symmetric extraction of two lateral teeth from the maxilla as well as retraction of the front teeth in each of 20 patients with a marked skeletal Class III. The molar anchorage half of the patients received was conventional (transpalatal arch) while the other half were treated with skeletal anchorage via mini-implants inserted in the anterior palate. Study models were prepared and analyzed using a 3D scanner before and after space closure (OrthoProof). We analyzed the bilateral degree of mesial molar migration and change in the transversal dimension (DigiModel software).

Results: All patients demonstrated mesial migration of the upper molars as a response to the load on the anchorage unit. The 4.21 mm (± 1.17 mm) anchorage loss associated with conventional anchorage was greater than that of skeletal anchorage in the anterior palate (2.05 mm [± 1.39 mm]). We observed a tendency towards transversal expansion in the molar region according to the design and thickness of the transpalatal arch.

Conclusions: Skeletal molar anchorage proved to be more effective than the conventional anchorage. Hence, skeletal anchorage is preferable, especially when patients are in serious need of pre-operative decompensation. The anterior palate has proven to be

Zusammenfassung

Fragestellung: Bei ausgeprägten dentoalveolären Kompensationen einer skelettalen Klasse III ist im Rahmen der prächirurgischen Dekompensation oftmals die Extraktion von Oberkiefer-Seitenzähnen mit Retraktion der Front indiziert. Die in diesem Rahmen gewünschte signifikante Vergrößerung der negativen sagittalen Frontzahnstufe erfordert oft eine maximale Verankerung der Oberkiefermolaren. Ziel dieser Studie war der Vergleich der Qualität der konventionellen und skelettalen Molarenverankerung mittels Mini-Implantaten im Rahmen der präoperativen Dekompensation.

Patienten und Methodik: Bei 20 Patienten mit einer ausgeprägten skelettalen Klasse III wurden zur präoperativen Dekompensation symmetrisch jeweils zwei Seitenzähne im Oberkiefer extrahiert sowie eine Frontretraktion durchgeführt. Die Molarenverankerung erfolgte bei der einen Hälfte der Patienten jeweils mittels konventioneller Verankerung (Transpalatinalbogen) und bei der anderen Hälfte skelettal mittels Mini-Implantaten im anterioren Gaumen. Vor und nach dem Lückenschluss wurden Studienmodelle angefertigt und mittels eines 3D-Scanners (OrthoProof) vermessen. Sowohl das beidseitige Ausmaß der Mesialwanderung der Molaren als auch eine Veränderung in der Transversalen wurden ausgewertet (DigiModel Software).

Ergebnisse: Bei allen Patienten kam es bei Belastung der Verankerungseinheit zu einer Mesialwanderung der Oberkiefermolaren. Bei konventioneller Verankerung war der Verankerungsverlust mit 4,21 mm ($\pm 1,17$ mm) größer als bei skelettaler Verankerung im anterioren Gaumen mit 2,05 mm ($\pm 1,39$ mm). Je nach Design und Stärke des Transpalatinalbogens zeigte sich eine Tendenz zur transversalen Erweiterung im Molarenbereich.

Schlussfolgerungen: Die skelettale Molarenverankerung zeigte eine höhere Effektivität als die konventionelle Verankerung. Ins-

¹ Department of Orthodontics, Heinrich Heine University, Düsseldorf, Germany.

Received: February 25, 2009; accepted: May 27, 2009

J Orofac Orthop 2009;70:297–305

DOI 10.1007/s00056-009-9909-y

an advantageous region for insertion in conjunction with the correct mechanics.

Key Words: Mini-implants · Class III · Orthognathic surgery · Decompensation · Anchorage

Introduction

Skeletal Class III malocclusions are relatively infrequent and their genesis is usually associated with genetic factors. The origin of this dysgnathia may be a fault in the mandible, maxilla, or both [12, 16]. When the Class III malocclusion is less pronounced and the facial profile acceptable, dentoalveolar compensation can serve as camouflage therapy [11]. However, combined orthodontic-surgical treatment is generally indicated for those patients exhibiting a marked skeletal Class III. Precise diagnosis including determination of the extent of dentoalveolar camouflage is essential to estimate the degree of decompensation required. If a skeletal Class III is presented, compensation includes protrusion of the upper front and/or retrusion of the lower front teeth [3, 8, 29]. The aim of dentoalveolar decompensation during pre-operative orthodontic treatment is to permit adequate surgical repositioning of the jaw [29]. While mandibular decompensation is relatively easy to achieve in these patients by aligning the front teeth during the leveling stage, maxillary decompensation is usually more difficult, since it is often no longer possible to retrude the maxillary front teeth because of the lack of space. Premolar extraction is recommended in such patients even in the absence of dental crowding so that the upper front teeth can be retracted. The degree of success of such "en masse" retraction depends to a great extent on whether the maxillary molars have sufficient anchorage. In case of anchorage loss there is a likelihood that teeth will have been extracted without attaining a significant increase in the negative overjet. Conventional appliances designed to provide molar anchorage are headgear, Class II elastics, the transpalatal arch, the Nance button and the incorporation of additional bends in the archwire such as tip-back and buccal root torque. However, these anchorage mechanics are limited in their efficiency, which depends in part on patient compliance [4, 7].

The use of skeletal anchorage has greatly extended the range of therapeutic options in orthodontics in recent years, due in no small part to its freedom from reliance on compliance. In addition to surgically-invasive skeletal anchorage systems such as the Orthosystem® [21] and mini-plates [10],

besondere bei Patienten mit einem großen Bedarf an präoperativer Dekompensation sollte daher der skelettalen Verankerung der Vorzug gegeben werden. Der anteriore Gaumen erwies sich in Kombination mit einer geeigneten Mechanik für diese Aufgabe als vorteilhafte Insertionsregion.

Schlüsselwörter: Mini-Implantate · Klasse III · Umstellung-Osteotomie · Dekompensation · Verankerung

Einleitung

Skelettale Klasse-III-Abweichungen sind relativ selten und meistens mit einer hereditären Genese assoziiert. Hierbei können der Unterkiefer, der Oberkiefer oder auch beide Kiefer Grund für die Dysgnathie sein [12, 16]. Bei einer gering ausgeprägten Klasse III mit einem akzeptablen Gesichtsprofil kann eine Camouflage-Behandlung im Sinne einer dentoalveolären Kompensation erfolgen [11]. Bei Patienten mit einer ausgeprägten skelettalen Klasse III ist jedoch in der Regel eine kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Therapie indiziert. Eine exakte Befunderhebung mit Bestimmung des Ausmaßes der dentoalveolären Kompensation ist essentiell, um den Dekompensationsbedarf einschätzen zu können. Liegt eine skelettale Klasse III vor, tritt die Kompensation als protrusive Stellung der oberen Frontzähne und/oder als eine retrusive Stellung der unteren Frontzähne in Erscheinung [3, 8, 29]. Im Rahmen der prächirurgischen orthodontischen Behandlung erfolgt die dentoalveoläre Dekompensation, um eine ausreichende chirurgische Verlagerung der Kiefer zu ermöglichen [29]. Während sich die Dekompensation bei diesen Patienten im Unterkiefer durch Aufrichten der Frontzähne während der Nivellierung noch relativ einfach erreichen lässt, stellt die Dekompensation im Bereich des Oberkiefers meist eine größere Herausforderung dar, da eine Retrusion der Oberkiefer-Frontzähne aus Platzgründen meist nicht möglich ist. In diesen Fällen empfiehlt sich auch bei nicht vorhandenem Engstand die Extraktion von Prämolaren, um die Frontretraktion realisieren zu können. Der Erfolg der in diesem Rahmen gewünschten En-Masse-Retraktion hängt in hohem Maße von einer ausreichenden Verankerung der Oberkiefermolaren ab. Bei einem Verankerungsverlust besteht die Gefahr, dass Zähne extrahiert wurden, ohne den gewünschten Effekt einer signifikanten Vergrößerung der negativen sagittalen Stufe zu erreichen. Konventionelle Geräte zur Molarenverankerung sind der Headgear, Klasse-II-Gummizüge, der Transpalatalbogen, die Nance-Pelotte sowie Verankerungsbiegungen wie Tip-Back und bukkaler Wurzel torque. Jedoch sind diese Verankerungsmechaniken in ihrer Leistungsfähigkeit begrenzt und teilweise auch von der Mitarbeit des Patienten abhängig [4, 7].



Figures 1 and 2. Conventional anchorage with transpalatal arch. Marked anchorage loss after extraction of two upper premolars and incisor retraction.

Abbildungen 1 und 2. Beispiel für eine konventionelle Verankerung mit Transpalatinalbogen. Ausgeprägter Verankerungsverlust nach Exzision von zwei oberen Prämolaren und Frontretraktion.

it is orthodontic mini-implants that have attracted the most attention in recent years due to their many different uses, low surgical invasiveness and relative affordability [5, 6, 9, 13, 14, 22, 25].

The aim of this study was to compare the anchorage quality of conventional and skeletal molar anchorage using mini-implants in association with pre-operative decompensation. We also aimed to evaluate posterior transversal changes during incisor retraction.

Patients and Methods

Our study included 20 patients (10 males and 10 females, the mean age was 20.9 years) presenting with a pronounced skeletal Class III treated with a combination of fixed orthodontic appliance and orthognathic surgery. This involved both single-jaw and bimaxillary surgical jaw repositioning. All the patients underwent bilateral tooth extraction and a front retraction with the aim of pre-operative decompensation of the maxillary arch. The teeth to be extracted were selected according to their prognosis. For the 10 patients in group 1, the molars were anchored in a conventional manner with transpalatal arches (Figures 1 and 2). The 10 patients in group 2 had one mini-implant (2.0 × 10 mm, Dual Top™, Jeil Medical Corporation, Seoul, South Korea, or 2.0 × 11 mm, BENEFIT, Mondeal Medical Systems, Mühlheim a.d. Donau, Germany) inserted in the anterior palate. Because of the availability of more space in their case, we used larger mini-implants offering greater stability (diameter 2 mm [26–28]. After taking impressions and preparing a horseshoe palatal arch (diameter: 0.8 mm) the mini-implants were coupled with the molars in order to prevent or at least minimize molar mesial migration during incisor retraction (5 patients, group 2a) [24]. To ensure transversal stability, five patients underwent additional transversal re-

Die skelettale Verankerung hat in den letzten Jahren nicht zuletzt wegen ihrer Unabhängigkeit von der Patientencompliance die therapeutischen Möglichkeiten in der Kieferorthopädie enorm erweitert. Neben den chirurgisch invasiven skelettalen Verankerungssystemen wie dem Orthosystem® [21] und den Miniplatten [10] haben in den letzten Jahren vor allem die orthodontischen Mini-Implantate aufgrund ihrer vielseitigen Einsatzmöglichkeiten, ihrer geringen chirurgischen Invasivität und der relativ geringen Kosten große Aufmerksamkeit gewonnen [5, 6, 9, 13, 14, 22, 25].

Ziel dieser Studie war der Vergleich der Verankerungsqualität konventioneller und skelettaler Molarenverankerung unter Verwendung von Mini-Implantaten im Rahmen der präoperativen Dekompensation. Weiterhin sollte eine posteriore transversale Veränderung während der Frontretraktion evaluiert werden.

Patienten und Methodik

Untersucht wurden 20 Patienten (je 10 Frauen und Männer, mittleres Alter 20,9 Jahre) mit einer ausgeprägten skelettalen Klasse III, die kombiniert kieferchirurgisch-kieferorthopädisch behandelt wurden. Dabei wurden sowohl mono- als auch bignathe Umstellungs-Osteotomien durchgeführt. Bei allen Patienten wurde zur präoperativen Dekompensation im Oberkiefer auf jeder Seite ein Seitenzahn extrahiert sowie eine Frontretraktion durchgeführt. Die Auswahl der zu extrahierenden Zähne erfolgte in Abhängigkeit von ihrer Erhaltungswürdigkeit. Bei der 10 Patienten umfassenden Gruppe 1 wurden die Molaren konventionell mit Transpalatinalbögen verankert (Abbildungen 1 und 2). Bei den 10 Patienten der Gruppe 2 wurde jeweils ein Mini-Implantat (2,0 × 10 mm, Dual Top™, Jeil Medical Corporation, Seoul, Südkorea bzw. 2,0 × 11 mm, BENEFIT, Mondeal Medical Systems GmbH, Mühlheim a.d.



Figures 3 and 4. Skeletal anchorage with a mini-implant in the anterior palate. The second premolars were extracted because of poor prognosis. Minimum anchorage loss after completed incisor retraction.

Abbildungen 3 und 4. Beispiel für eine skelettale Verankerung mit einem Mini-Implantat im anterioren Gaumen. Aufgrund der geringeren Erhaltungswürdigkeit wurden die zweiten Prämolaren extrahiert. Minimaler Verankerungsverlust nach erfolgter Frontretraktion.

inforcement of the transpalatal arch (diameter: 0.8 mm) (group 2b; Figures 3 and 4).

Evaluating Anchorage Loss and Transversal Change

Study models were prepared and captured using a 3D scanner before and after space closure (OrthoProof, Nieuwegein, The Netherlands) (Figure 5). The transversal distance between the first molars was measured before and after incisor retraction and the difference then calculated. The models were then superimposed using the three-point method (DigiModel Software, Imtec, Los Alamos, NM, USA) (Figure 6). Mesial migration of the 40 posterior lateral tooth segments was measured in the 3D superimpositions (Figure 7). The box plot diagrams were created and statistical tests carried out using SPSS® 15.0 statistics software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The mean values of

Donau, Deutschland) im anterioren Gaumen eingesetzt. Wegen des größeren Platzangebotes konnten hier größer dimensionierte Mini-Implantate mit höherer Stabilität (Durchmesser 2 mm [26–28]) verwendet werden. Diese wurden nach Abdrucknahme und Anfertigung eines Horseshoe-Palatinalbogens (Durchmesser: 0,8 mm) mit den Molaren gekoppelt, um auf diese Weise eine mesiale Aufwanderung der Molaren bei Frontretraktion zu verhindern bzw. zu minimieren (5 Patienten, Gruppe 2a) [24]. Um die transversale Stabilität zu gewährleisten, erfolgte bei 5 Patienten das Einfügen einer zusätzlichen transversalen Versteifung des Transpalatinalbogens (Durchmesser: 0,8 mm) (Gruppe 2b; Abbildungen 3 und 4).

Auswertung des Verankerungsverlustes und der transversalen Veränderung

Vor und nach Lückenschluss wurden Schaumodelle angefertigt und mittels eines 3D-Scanners (OrthoProof, Nieuwegein, Niederlande) erfasst (Abbildung 5). Der transversale Abstand zwischen den ersten Molaren wurde vor und nach der Frontretraktion gemessen und die Differenz errechnet. Anschließend wurden die Modelle mittels der Drei-Punkt-Methode überlagert (DigiModel Software, Imtec, Los Alamos, USA) (Abbildung 6). Die Mesialbewegungen der 40 posterioren Seitenzahnsegmente wurden in den 3D-Überlagerungen vermessen (Abbildung 7). Die grafische Darstellung in Form von Boxplot-Diagrammen sowie der statistische Test wurden mit der Statistiksoftware SPSS® 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) vorgenommen. Die Mittelwerte der einzelnen Messreihen wurden mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests für nicht-parametrische Verteilungen auf signifikante Abweichungen geprüft. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

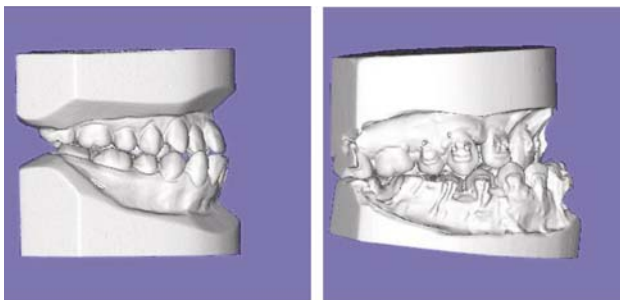
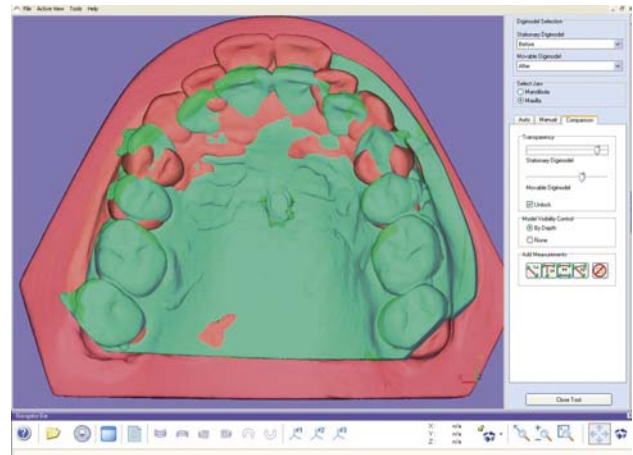
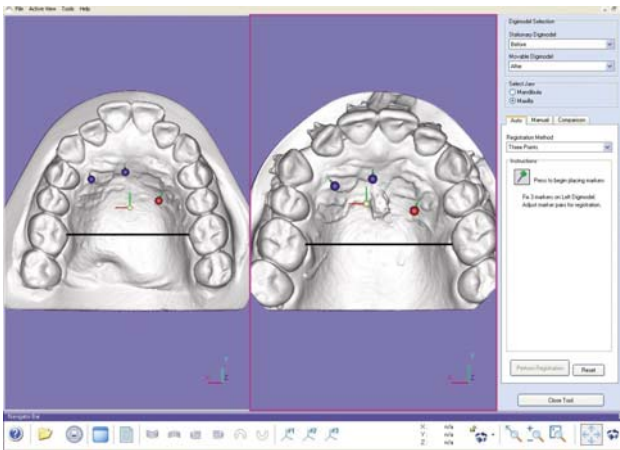


Figure 5. 3D scans before (left) and after incisor retraction (right). Two premolars were extracted in association with pre-surgical decompensation.

Abbildung 5. 3D-Scans vor (links) und nach Frontretraktion (rechts). Im Rahmen einer prächirurgischen Dekompensation erfolgte die Extraktion von 2 Prämolaren.



Figures 6a and 6b. Identification of three corresponding points from the scans before and after incisor retraction (a) (DigiModel Software; Imtec, Los Alamos, NM, USA). Measurement of the transversal distance between two corresponding landmarks on the anchor molars; Superimposition of the models taken before and after incisor retraction (b).

Abbildungen 6a und 6b. Identifikation von drei korrespondierenden Punkten bei den Scans vor und nach Frontretraktion (a) (DigiModel Software; Imtec, Los Alamos, NM, USA). Messung des transversalen Abstandes von zwei korrespondierenden Punkten auf den verankerten Molaren; Überlagerung der Modelle vor und nach Frontretraktion (b).

each group of measurements were analyzed for significant differences using the Kruskal-Wallis test for non-parametric distributions. The probability of error was defined as $p < 0.05$.

Results

All patients demonstrated mesial migration of the maxillary molars in response to the load on the anchorage unit. Significant differences became apparent in correlation with the type of molar anchorage ($p = 0.013$): anchorage loss due to conventional anchorage using a transpalatal arch (group

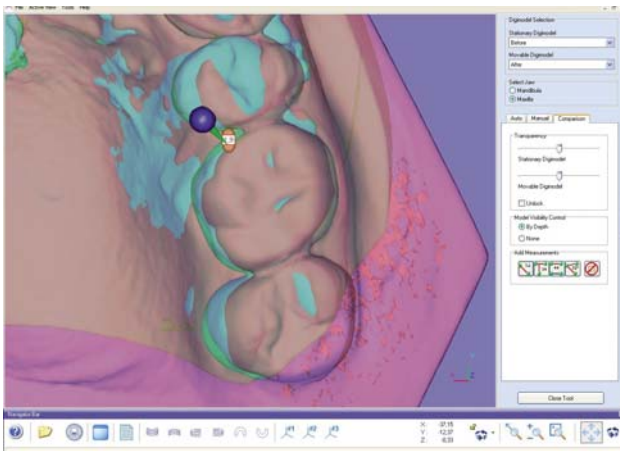


Figure 7. Measurement of the mesial migrations of 40 molars as shown in 3D superimpositions.

Abbildung 7. Messung der Mesialbewegungen von 40 Molaren in den 3D-Überlagerungen.

Ergebnisse

Bei allen Patienten kam es bei Belastung der Verankerungseinheit zu einer Mesialwanderung der Oberkiefermolaren. Diese zeigte je nach Verankerungsart der Molaren signifikante Unterschiede ($p = 0,013$): Bei konventioneller Verankerung mittels eines Transpalatinalbogens (Gruppe 1) war der Verankerungsverlust mit 4,21 mm ($\pm 1,17$ mm) größer als bei skelettaler Verankerung (Gruppe 2) mit 2,05 mm ($\pm 1,39$ mm) (Abbildung 8a). Ein Mini-Implantat-Verlust erfolgte bei keinem der 10 Patienten aus Gruppe 2.

Bei konventioneller Verankerung (Gruppe 1) verringerte sich der Intermolarenabstand vor und nach Frontretraktion um 0,4 mm ($\pm 0,91$ mm). Bei der skelettalen Verankerung (Gruppe 2) ergaben sich folgende transversale Veränderungen: In der Gruppe 2a (Mini-Implantat im anterioren Gaumen gekoppelt mit einem einfachen Horseshoe-Bogen) kam es zu einer ausgeprägten transversalen Erweiterung um durchschnittlich 1,73 mm ($\pm 0,39$ mm), bei Integration einer posterioren Verstärkung (Gruppe 2b) verringerte sich die Expansionstendenz auf einen mittleren Wert von 0,36 mm ($\pm 0,11$ mm). Die Unterschiede waren hochsignifikant ($p = 0,002$) (Abbildung 8b).

Diskussion

In dieser Studie wurde der Verankerungsverlust nach durchgeführter Frontretraktion im Rahmen einer präoperativen Klasse-III-Dekompensation untersucht. Dabei wurde die Molarenwanderung dreidimensional mittels 3D-Scans von kieferorthopädischen Studienmodellen vor und nach Frontretraktion erfasst. Diese Methode eignete

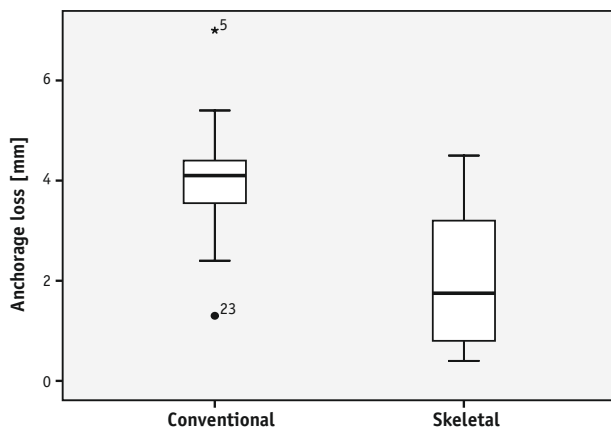


Figure 8a. First molar's anchorage loss in correlation with the type of anchorage: Group 1 with conventional anchorage, groups 2a and 2b with skeletal anchorage in the anterior palate.

Abbildung 8a. Verankerungsverlust der ersten Molaren je nach Art der Verankerung: Gruppe 1 mit konventioneller Verankerung, Gruppen 2a und 2b mit skelettaler Verankerung im anterioren Gaumen.

1) measured 4.21 mm (± 1.17 mm), larger than that associated with group 2 (skeletal anchorage) – they showed a loss of 2.05 mm (± 1.39 mm) (Figure 8a). None of the 10 patients in group 2 experienced loss of a mini-implant.

The intermolar distance before and after incisor retraction decreased by 0.4 mm (± 0.91 mm) in the conventional anchorage (group 1). We observed the following transverse changes in skeletal-anchorage group 2: group 2a (mini-implant in the anterior palate coupled with a simple horseshoe arch) showed marked transversal expansion by a mean of 1.73 mm (± 0.39 mm); when posterior reinforcement was integrated (as in group 2b), the expansion tendency fell by a mean value of 0.36 mm (± 0.11 mm). These differences were highly significant ($p = 0.002$) (Figure 8b).

Discussion

We examined anchorage loss at the end of incisor retraction in association with pre-operative Class III decomensation. Molar mesial migration was documented in three dimensions using 3D scans by referring to orthodontic study models before and after front retraction. This method is highly suitable, since it allows us to measure molar mesial migration in the first and second quadrants independently, and to evaluate any transverse changes. This is not possible with two dimensions, as is the case when lateral cephalograms are analyzed [10].

Many studies have addressed the loss of anchorage during incisor retraction after premolar extractions. A mean 1.6–4 mm anchorage loss can be anticipated during conventional anchorage [18, 30]. Shpack et al. [17] reported 1.2 mm of molar mesial migration after canine retraction with tipping mechanics and 1.4 mm associated with bodily canine

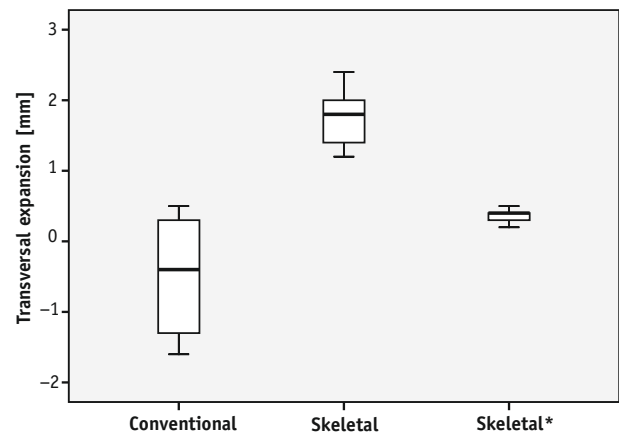


Figure 8b. Posterior transversal changes before and after incisor retraction according to type of anchorage: Group 1 with conventional anchorage, group 2a with skeletal anchorage in the anterior palate using a horseshoe palatal arch and group 2b with skeletal anchorage in the anterior palate using a horseshoe arch reinforced by a posterior transversal component (*).

Abbildung 8b. Posteriore transversale Veränderungen vor und nach Frontretraktion je nach Art der Verankerung: Gruppe 1 mit konventioneller Verankerung, Gruppe 2a mit skelettaler Verankerung im anterioren Gaumen mittels Horseshoe-Bogen und Gruppe 2b mit skelettaler Verankerung im anterioren Gaumen mittels Horseshoe-Bogen, der posterior transversal verstärkt ist (*).

sich sehr gut, da die Molarenaufwanderung sowohl im ersten als auch zweiten Quadranten unabhängig voneinander vermessen sowie etwaige transversale Veränderungen evaluiert werden konnten. Dies ist bei einer zweidimensionalen Analyse, wie zum Beispiel im Rahmen einer Fernröntgenseitenbild-Auswertung, nicht möglich [10].

Es gibt eine Vielzahl von Studien, die den Verankerungsverlust bei Frontretraktion nach Exaktion von Prämolaren untersucht haben. Bei konventioneller Verankerung ist ein Verankerungsverlust von durchschnittlich 1,6–4 mm zu erwarten [18, 30]. Shpack et al. [17] gaben eine Molarenaufwanderung von 1,2 mm bei kippender Eckzahnretraktion und 1,4 mm bei körperlicher Eckzahnretraktion an (Verankerung mittels Nance-Pelotte). In den letzten Jahren wurde insbesondere die Verankerungsqualität von Mini-Implantaten der konventioneller Verankerung gegenübergestellt. Thiruvengkatachari et al. [18] fanden 1,6 mm Verankerungsverlust bei konventioneller und keinen Verankerungsverlust bei Mini-Implantat-Verankerung. Lai et al. [10] verglichen die konventionelle Verankerung (2,5 mm Verankerungsverlust) mit dem Verankerungserfolg bei Mini-Implantaten (1,3 mm Verankerungsverlust) und Mini-platten (1,4 mm Verankerungsverlust). Upadhyay et al. bemerkten einen Verankerungsverlust von 1,95 mm [20] bzw. 3,22 mm [19] bei konventioneller Verankerung, mit Mini-Implantat-Verankerung -0,55 mm [20] bzw. -0,78 mm [19]. Interessanterweise kam es in diesen Studien sogar zu einer

retraction (anchorage using a Nance button). The anchorage quality of mini-implants has often been compared to conventional anchorage recently. Thiruvengkatachari et al. [18] reported 1.6 mm anchorage loss in association with conventional anchorage and no such loss in conjunction with mini-implant anchorage. Lai et al. [10] compared conventional anchorage (2.5 mm anchorage loss) with the anchorage success with mini-implants (1.3 mm anchorage loss) and mini-plates (1.4 mm anchorage loss). Upadhyay et al. noted an anchorage loss of 1.95 mm [20] and 3.22 mm [19] with conventional anchorage, and -0.55 mm [20] and -0.78 mm [19] with mini-implant anchorage. Interestingly, those authors even reported distal molar migration. This effect is referred to as “reverse anchorage loss” and is influenced by the friction associated with sliding mechanics. One fundamental aspect in all these studies was that the incisors were retracted in patients presenting incisor crowding or marked incisor protrusion. We observed more pronounced mesial molar migration in our study cohorts compared to comparable values in the literature. This may be due to how our patients were selected for study inclusion – they all had undergone Class III decompensation prior to orthognathic surgery. However, we also had patients with no incisor crowding or with only slight incisor protrusion, which, when maximum retraction is the aim, consequently puts a heavier load on the anchorage unit. Furthermore, the first premolars were primarily extracted in those comparison studies. However, our patients had also undergone extractions of second premolars or first molars, depending on their clinical prognosis, which put an additional load on the anchorage unit.

Notable in this study was the anchorage loss even when there was skeletal anchorage in the anterior palate. We observed mesial molar migration sometimes due to transversal expansion, especially when a transpalatal arch with a thickness of 0.8 mm was used. Hence, when using a thin 0.8 mm diameter wire, we found it advisable to carry out corresponding additional posterior transversal reinforcement to reduce the likelihood of transversal expansion (Figure 3). If such transverse reinforcement does not occur, a thicker steel archwire (at least 1.1 mm) should be applied. We also found it important not to affix the anterior mini-implant to the transpalatal arch, so as to keep the mini-implant from tilting in response to the load. Our clinical experience revealed maximum stability when posterior transverse reinforcement was combined with two anterior mini-implants (Figure 9).

In terms of using the region of the anterior palate: it proved to be a disadvantage having to manufacture the transpalatal arch in the laboratory. We had to make an impression to transfer the situation from the patient’s mouth to a plaster cast. The connection between the mini-implant and transpalatal arch was realized by using the Dual Top™ screw in combination with an adhesive (Transbond™, 3M Unitek, St. Paul, MN, USA). However, it was time-consuming removing this connection, since we had to keep the screw head



Figure 9. Molar anchorage using a posterior transverse reinforcement in combination with two anterior mini-implants.

Abbildung 9. Molarenverankerung unter Verwendung einer transversalen posterioren Versteifung in Kombination mit zwei anterioren Mini-Implantaten.

Distalwanderung der Molaren. Diesen Effekt bezeichnet man als reversen Verankerungsverlust; er ist durch die Friktion bei einer Gleitmechanik bedingt. In all diesen Studien wurde grundsätzlich eine Frontretraktion im Rahmen eines Frontengstandes bzw. einer ausgeprägten Frontprotrusion durchgeführt. Verglichen mit den Werten aus der Literatur bemerkten wir in unserer Studie eine ausgeprägtere Aufwanderung der Molaren nach anterior. Möglicherweise ist dies in der Auswahl der in dieser Studie untersuchten Patienten begründet, bei denen alle eine Klasse-III-Dekompensation vor Umstellungs-Osteotomie durchgeführt wurde. Dementsprechend fanden sich auch Situationen ohne Frontengstand bzw. mit nur leichter Frontprotrusion, was bei einem Ziel der maximalen Retraktion natürlich eine höhere Belastung für die Verankerungseinheit darstellt. Weiterhin wurden in den oben erwähnten Vergleichsstudien grundsätzlich die ersten Prämolaren extrahiert. Bei unseren Patienten erfolgte jedoch je nach Erhaltungszustand auch die Extraktion von zweiten Prämolaren bzw. ersten Molaren, was eine weitere Belastung für die posteriore Verankerungseinheit darstellte.

Erwähnenswert in dieser Studie war der Verankerungsverlust auch bei der skelettalen Verankerung im anterioren Gaumen. Insbesondere bei Verwendung eines Transpalatalbogens der Stärke 0,8 mm zeigte sich eine Molarenauflwanderung, mitunter auch bedingt durch die transversale Erweiterung. Dementsprechend empfiehlt sich bei der Verwendung eines dünnen Drahtes der Stärke 0,8 mm eine zusätzliche posteriore transversale Verstärkung, um die Gefahr der transversalen Expansion abzufangen (Abbildung 3). Wird auf diese transversale Verstärkung verzichtet, sollte ein dickerer Stahlbogen (mindestens 1,1 mm) verwendet werden. Wichtig erscheint zudem eine feste Kopplung des

from being damaged, which would have made removal of the implant with the screwdriver more difficult. We found a better way of connecting the parts by using the BENEFIT system (Mondeal Medical Systems, Mühlheim a.d. Donau, Germany), which includes an abutment combined with an archwire that can be screwed onto the mini-implant.

One important positive aspect associated with the anterior palate region is its spaciousness, in which implants of larger diameter (2 mm) offering a high degree of stability can also be inserted [26, 27]. Furthermore, this method greatly reduces the likelihood of root damage when the mini-implant is being inserted or when a tooth has to be moved towards the mini-implant. Since root contact is associated with an increased failure rate this location also has a favorable effect on the success rate [2]. It is clinically important to insert in a region in which the mucosa is thin so as to attain good mini-implant stability and to prevent serious tilting [1, 23].

Conclusions

We also found that skeletal molar anchorage is more effective than conventional anchorage in our study. Hence skeletal anchorage is recommended, especially when patients are in serious need of pre-operative decompensation. The anterior palate region proved to be especially suitable for this purpose, especially when the second premolars or first molars are extracted.

References

1. Buchter 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.
2. Chen YH, Chang HH, Chen YJ, et al. Root contact during insertion of miniscrews for orthodontic anchorage increases the failure rate: an animal study. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:99–106.
3. Ellis E 3rd, McNamara JA Jr. Components of adult Class III malocclusion. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42:295–305.
4. Feldmann I, Bondemark L. Orthodontic anchorage: a systematic review. *Angle Orthod* 2006;76:493–501.
5. Freudenthaler JW, Haas R, Bantleon HP. Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:358–63.
6. Fritz U, Ehmer A, Diedrich P. Clinical suitability of titanium microscrews for orthodontic anchorage – preliminary experiences. *J Orofac Orthop* 2004;65:410–8.
7. Guray E, Orhan M. “En masse” retraction of maxillary anterior teeth with anterior headgear. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:473–9.
8. Jacobson A, Evans WG, Preston CB, Sadowsky PL. Mandibular prognathism. *Am J Orthod* 1974;66:140–71.
9. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 1997;31:763–7.

anterioren Mini-Implantats mit dem Transpalatinalbogen, um eine Kippung des Mini-Implantates bei Belastung zu vermeiden. Unsere klinischen Erfahrungen zeigten eine maximale Stabilität bei Verwendung einer transversalen posterioren Versteifung in Kombination mit zwei anterioren Mini-Implantaten (Abbildung 9).

Nachteilig bezüglich der Nutzung der Region anteriorer Gaumen war die Notwendigkeit, den Transpalatinalbogen im Labor anfertigen zu müssen. Es musste ein Abdruck angefertigt werden, um die Situation vom Patientemund auf ein Gipsmodell zu übertragen. Die Verbindung zwischen Mini-Implantat und Transpalatinalbogen wurde bei der Dual-Top™-Schraube mittels eines Kunststoffes (Transbond™, 3M Unitek, St. Paul, MN, USA) realisiert. Die Entfernung dieser Kopplung stellte sich jedoch als zeitaufwendig heraus, da der Schraubenkopf nicht beschädigt werden durfte. Dies hätte die Entfernung des Implantates mit dem Schraubendreher erschwert. Eine bessere Kopplungsmöglichkeit erreichten wir mit dem BENEFIT-System, bei dem auf das Mini-Implantat ein Abutment mit bereits vorhandenem Bogen aufgeschraubt werden kann.

Für die anteriore Gaumenregion spricht das sehr gute Platzangebot, wo auch Mini-Implantate größeren Durchmessers (2 mm) mit höherer Stabilität [26, 27] eingesetzt werden können. Weiterhin besteht hier so gut wie keine Gefahr einer Wurzelverletzung bei Insertion des Mini-Implantates oder bei Bewegung eines Zahnes auf das Mini-Implantat. Da ein Wurzelkontakt mit einem erhöhten Verlustrisiko behaftet ist, wirkt sich dies für die Erfolgsprognose ebenfalls positiv aus [2]. Klinisch wichtig ist es, die Insertion in einer Region dünner Schleimhaut durchzuführen, um eine gute Stabilität des Mini-Implantates zu erreichen und große Kippmomente zu vermeiden [1, 23].

Schlussfolgerungen

Auch in unserer Studie zeigte die skelettale Molarenverankerung eine höhere Effektivität als die konventionelle Verankerung. Insbesondere bei Patienten mit einem großen Bedarf an präoperativer Dekompensation sollte daher der skelettalen Verankerung der Vorzug gegeben werden. Die Region des anterioren Gaumens erweist sich insbesondere bei Extraktion von zweiten Prämolaren bzw. ersten Molaren für diese Aufgabe als besonders geeignet.

10. Lai EH, Yao CC, Chang JZ, et al. Three-dimensional dental model analysis of treatment outcomes for protrusive maxillary dentition: comparison of headgear, miniscrew, and miniplate skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:636–45.
11. Lin J, Gu Y. Preliminary investigation of nonsurgical treatment of severe skeletal Class III malocclusion in the permanent dentition. *Angle Orthod* 2003;73:401–10.
12. Litton SF, Ackermann LV, Isaacson RJ, Shapiro BL. A genetic study of Class III malocclusion. *Am J Orthod* 1970;58:565–77.
13. Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res* 2000;3:23–8.
14. Park HS, Bae SM, Kyung HM, Sung JH. Micro-implant anchorage for treatment of skeletal Class I bialveolar protrusion. *J Clin Orthod* 2001;35:417–22.
15. Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod* 2006;76:191–7.
16. Proffit WR, Fields HW Jr, Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1998;13:97–106.
17. Shpack N, Davidovitch M, Sarne O, et al. Duration and anchorage management of canine retraction with bodily versus tipping mechanics. *Angle Orthod* 2008;78:95–100.
18. Thiruvengkatachari B, Pavithranand A, Rajasigamani K, Kyung HM. Comparison and measurement of the amount of anchorage loss of the molars with and without the use of implant anchorage during canine retraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:551–4.
19. Upadhyay M, Yadav S, Nagaraj K, Patil S. Treatment effects of mini-implants for en-masse retraction of anterior teeth in bialveolar dental protrusion patients: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:18–29.
20. Upadhyay M, Yadav S, Patil S. Mini-implant anchorage for en-masse retraction of maxillary anterior teeth: a clinical cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:803–10.
21. Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P, Glatzmaier J. The use of palatal implants for orthodontic anchorage. Design and clinical application of the orthosystem. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:410–6.
22. Wilmes B. Fields of application of mini-implants. In: Ludwig B, Baumgaertel S, Bowman J, eds. *Mini-implants in orthodontics: Innovative anchorage concepts*. Berlin- New York: Quintessence, 2008.
23. Wilmes B, Drescher D. Impact of insertion depth and predrilling diameter on primary stability of orthodontic mini-implants. *Angle Orthod* 2009;79:609–14.
24. Wilmes B, Drescher D. A miniscrew system with interchangeable abutments. *J Clin Orthod* 2008;42:574–80.
25. Wilmes B, Drescher D. Verankerung mit Miniimplantaten bei präprothetischer kieferorthopädischer Therapie. *Kieferorthopädie* 2006;20:203–8.
26. Wilmes B, Ottenstreuer S, Su YY, Drescher D. Impact of implant design on primary stability of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop* 2008;69:42–50.
27. Wilmes B, Rademacher C, Olthoff G, Drescher D. Parameters affecting primary stability of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop* 2006;67:162–74.
28. Wilmes B, Su YY, Drescher D. Insertion angle impact on primary stability of orthodontic mini-implants. *Angle Orthod* 2008;78:1065–70.
29. Worms FW, Isaacson RJ, Speidel TM. Surgical orthodontic treatment planning: profile analysis and mandibular surgery. *Angle Orthod* 1976;46:1–25.
30. Ziegler P, Ingervall B. A clinical study of maxillary canine retraction with a retraction spring and with sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95:99–106.

Correspondence Address

Dr. Benedict Wilmes
Poliklinik für Kieferorthopädie
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Moorenstr. 5, Geb. 18.21
40221 Düsseldorf
Germany
Phone: (+49/211) 811-6382, Fax -9510
e-mail: wilmes@med.uni-duesseldorf.de