

Vertical Periodontal Ligament Distraction – a New Method for Aligning Ankylosed and Displaced Canines

Die vertikale desmodontale Distraction – eine neue Methode zur Einordnung ankylosierter und verlagelter Eckzähne

Benedict Wilmes, Dieter Drescher¹

Abstract

Objective: In the course of a clinical pilot study we tested the vertical periodontal ligament (V-PDL) distraction as a means of aligning ankylosed upper canines. The objective of this study was to analyze the appropriateness and effectiveness of this method.

Method and Materials: The ankylosed upper canines of five female patients aged between 16 and 19 years were surgically exposed, luxated, and after a latency period of 5 to 7 days, distracted at a rate of 0.5 mm per day. The installed distractors were borne by the periodontal-mucosa, the periodontal-mucosa and the bone, or by the bone exclusively. We evaluated the distraction distance and time and degree of hard and soft tissue generation present in the region surrounding the distracted teeth.

Results: All canines were aligned after a mean distraction period of 43.2 days (± 3.6 days). The mean distraction distance was 10.8 mm. Three canines had defects at the cemento-enamel junction, and one canine had to be extracted due to a large defect at the root.

Conclusions: Vertical PDL distraction is a minimally-invasive therapy to align ankylosed impacted canines. Even if the long-term prognosis of distracted canines with defects is uncertain, the patient benefits from the vertical PDL distraction because both hard and soft tissues are generated in the vicinity of the distracted canine.

Key Words: Periodontal ligament distraction · PDL distraction · Ankylosis · Impacted canines · Mini-implants

Zusammenfassung

Fragestellung: Zur Einordnung ankylosierter oberer Eckzähne wurde im Rahmen einer klinischen Pilotstudie die vertikale desmodontale Distraction (V-PDL-Distraction) erprobt. Ziel der Studie war es, die Eignung und Effektivität des Verfahrens zu analysieren.

Material und Methodik: Bei fünf weiblichen Patienten im Alter von 16 bis 19 Jahren wurden die ankylosierten oberen Eckzähne chirurgisch freigelegt, luxiert und nach einer Latenzzeit von 5 bis 7 Tagen mit einer Geschwindigkeit von 0,5 mm/Tag distrahert. Die verwendeten Distraktoren waren parodontal-Schleimhaut-, parodontal-Schleimhaut-skelettal sowie ausschließlich skelettal verankert. Ausgewertet wurden die zurückgelegte Wegstrecke, die Dauer der Distraction sowie die gewebliche Situation in der Umgebung der distraherten Eckzähne.

Ergebnisse: Alle Eckzähne ließen sich nach einer durchschnittlichen Distaktionsdauer von 43,2 Tagen ($\pm 3,6$ Tage) erfolgreich einordnen. Die zurückgelegte Distaktionsstrecke betrug im Mittel 10,8 mm. Drei Eckzähne hatten Defekte im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze, ein Eckzahn erwies sich als nicht erhaltungswürdig.

Schlussfolgerungen: Die V-PDL-Distraction ist eine wenig invasive Therapie zur Einordnung ankylosierter Eckzähne. Auch bei unsicherer langfristiger Prognose von Eckzähnen mit Defekten profitiert der Patient von der V-PDL-Distraction, da Knochen sowie Weichgewebe in der Peripherie des distraherten Eckzahns generiert werden.

Schlüsselwörter: Desmodontale Distraction · PDL-Distraction · Ankylose · Verlagerte Eckzähne · Mini-Implantate

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

Received: December 9, 2008; accepted: March 5, 2009

Introduction

The second most frequently impacted and retained teeth after the lower wisdom teeth are the upper canines [8, 27]. It is usually considered indicated to actively align retained canines orthodontically because of their functional and esthetic importance [6, 11–13, 23, 27]. There is a high success rate associated with the orthodontic alignment of the upper canines after surgical exposure [4, 12]. When a displaced tooth resists orthodontic alignment, the presence of ankylosis is strongly suspected. However, the prognosis depends on the patient's age, as the probability of ankylosis increases with age [2]. Even high-resolution X-ray procedures cannot reliably rule out ankylosis [17]. If a canine fails to respond to orthodontic therapy, the reactive intrusive force components of most orthodontic appliances will affect the adjacent teeth. When this exposure period continues for an extended period, a unilateral open bite develops, as does a canted occlusal plane.

One way of aligning ankylosed teeth consists of surgical luxation followed by orthodontic force application [10, 19]. However, immediate re-ankylosis is highly likely during this procedure, thus making alignment of the tooth definitely impossible [22].

Distraction osteogenesis [16] offers an additional means of aligning ankylosed teeth. Via osteotomy, a bone segment around the ankylosed tooth is prepared which is mobilized after a latency period of 5–7 days by means of distraction. It is imperative that a uniform speed of movement of roughly 0.5 mm to 1.0 mm per day be maintained so as to induce hard and soft tissue regeneration [14, 15]. Both bone- and tooth-borne distractors are used. Bone-borne distractors represent a greater risk of infection as well as the likelihood of injury to adjacent roots [14]. The tooth-borne designs are less invasive in nature, but they can bring about the unwanted side effect of a reactive intrusion of the adjacent teeth [1, 21, 28].

It is not always possible to completely prepare the bony segment surrounding an ankylosed canine by osteotomy. Bone distraction must be viewed as problematic, especially in patients whose tooth in question is seriously displaced and the surrounding spatial conditions lead one to anticipate a high risk of injury to neighboring tooth roots. This intervention's comparatively high invasiveness also makes other therapeutic approaches more appealing.

The principle of distraction does not only apply to bone and sutures, but also to the periodontal ligament. This method, known as desmodontal distraction or PDL distraction (PDL = periodontal ligament), has been employed for mesiodistal tooth movements, i.e. for the rapid retraction of non-ankylosed canines after extraction of the maxillary first premolars [18, 20, 24, 26]. The periodontal ligament is stretched in areas under tensile stress, and bone apposition induced. Liou & Huang [24] compare the periodontal ligament to a craniofacial suture in this case. Bilodeau [3] achieved rapid retraction of the canines in the mandible as

Einleitung

Nach den unteren Weisheitszähnen sind die oberen Eckzähne die am häufigsten von Verlagerungen und Retentionen betroffenen Zähne [8, 27]. Wegen ihrer funktionellen und ästhetischen Bedeutung wird die aktive orthodontische Einordnung retinierter Eckzähne zumeist als indiziert erachtet [6, 11–13, 23, 27]. Nach der operativen Freilegung können die oberen Eckzähne mit einer hohen Erfolgsrate orthodontisch eingeordnet werden [4, 12]. Widersetzt sich ein verlagertes Zahn einer kieferorthopädischen Einordnung, liegt der Verdacht der Ankylose nahe. Allerdings hängt die Prognose vom Alter des Patienten ab, da die Wahrscheinlichkeit einer Ankylose mit zunehmendem Alter des Patienten ansteigt [2]. Auch mit hochauflösenden Röntgenverfahren kann eine Ankylose nicht sicher ausgeschlossen werden [17]. Lässt sich ein Eckzahn orthodontisch nicht bewegen, wirken bei den meisten orthodontischen Apparaturen reaktive intrusive Kraftkomponenten auf die benachbarten Zähne. Bei längerer Einwirkungsdauer entwickeln sich ein seitlich offener Biss sowie eine schräge Okklusionsebene.

Eine Möglichkeit der Einordnung ankylosierter Zähne besteht in der chirurgischen Luxation mit anschließender Applikation einer orthodontischen Kraft [10, 19]. Bei diesem Vorgehen besteht jedoch die große Gefahr einer unmittelbaren Reankylose, was die definitive Einordnung des Zahns unmöglich macht [22].

Mit der Distractionsosteogenese [16] bietet sich eine weitere Möglichkeit zur Einordnung ankylosierter Zähne. Mit Hilfe der Osteotomie wird um den ankylosierten Zahn herum ein Knochensegment präpariert, das nach Ablauf einer Latenzzeit von 5–7 Tagen mit Hilfe eines Distraktors mobilisiert wird. Von entscheidender Bedeutung für die Induktion der Knochen- und Weichgewebeneubildung ist die Aufrechterhaltung einer gleich bleibenden Bewegungsgeschwindigkeit von etwa 0,5 mm bis zu 1,0 mm pro Tag [14, 15]. Es werden sowohl knochengetragene als auch dental verankerte Distraktoren verwendet. Bei den knochengetragenen Distraktoren besteht ein höheres Infektionsrisiko sowie die Gefahr, benachbarte Wurzeln zu verletzen [14]. Die dental getragenen Konstruktionen zeichnen sich zwar durch eine geringere Invasivität aus, als unerwünschte Nebenwirkung kann jedoch eine reaktive Intrusion der Nachbarzähne auftreten [1, 21, 28].

Nicht immer ist es möglich, das einen ankylosierten Eckzahn umgebende Knochensegment durch Osteotomie vollständig darzustellen. Insbesondere wenn der betreffende Zahn eine ausgeprägte Verlagerung aufweist und die Platzverhältnisse ein hohes Risiko einer Verletzung benachbarter Zahnwurzeln erwarten lassen, ist die ossäre Distraction als problematisch zu bewerten. Auch die vergleichsweise hohe Invasivität des Eingriffs lässt andere therapeutische Vorgehensweisen wünschenswert erscheinen.

Das Prinzip der Distraction ist nicht nur auf den Knochen und die Suturen, sondern auch auf das Desmodont anwendbar. Diese als PDL- (Periodontal Ligament) oder desmodon-



Figure 1. Intraoral status of a 17-year-old patient referred after a failed alignment attempt of tooth 23.

Abbildung 1. Intraoraler Befund einer 17-jährigen Patientin, die nach gescheitertem Einordnungsversuch von Zahn 23 überwiesen wurde.

well using the same method for dento-alveolar camouflage of a skeletal Class III malocclusion.

The aforementioned studies demonstrate that a tissue as complex as the periodontium is also capable of generating new tissue during distraction (histoneogenesis). This raised the question of whether ankylosed teeth can also be successfully aligned by means of PDL distraction.

To avoid the risks associated with distraction osteogenesis, we developed a new treatment method based on PDL distraction to align ankylosed teeth. The objective of our study was to develop and clinically investigate the vertical periodontal ligament (V-PDL) distraction of ankylosed maxillary canines. This clinical pilot study should enable clinicians to evaluate the effectiveness of V-PDL distraction, treatment duration, and the rate of complications.

Materials and Methods

The treatment protocol comprised:

- surgical exposure and luxation of the ankylosed tooth,
- intraoperative adhesive fastening of an orthodontic attachment,
- wound closure,
- a latency period of 5–7 days,
- insertion of the distractor, and
- distraction of the tooth at a speed of 0.5 mm a day.

Patients Treated

Five female patients 16 to 19 years old were each diagnosed as having an “ankylosed upper left canine”. They were referred to us after previous conventional orthodontic attempts to align the canines had failed (Figures 1 and 2).

Distractors Used

The distractors were anchored differently according to the specific clinical requirements below.

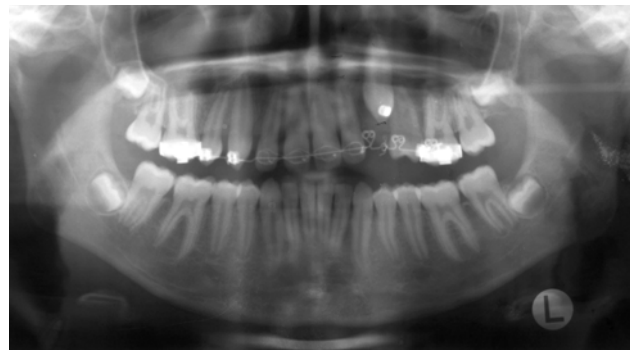


Figure 2. On the orthopantomogram the intrusion of the adjacent teeth is apparent along with the curved course of the occlusal plane.

Abbildung 2. Auf dem Orthopantomogramm ist die Intrusion der benachbarten Zähne und der bogenförmige Verlauf der Okklusionsebene zu erkennen.

tale Distraction bekannte Methode wurde für mesiodistale Zahnbewegungen, zum Beispiel zur schnellen Retraction nicht ankylosierter Eckzähne nach Extraktion der ersten Prämolaren im Oberkiefer, herangezogen [18, 20, 24, 26]. Auf der Zugseite wird dabei das parodontale Ligament gedehnt und induziert die Knochenapposition. Liou & Huang [24] vergleichen das Parodontium dabei mit einer kraniofazialen Suture. Auch im Unterkiefer erreichte Bilodeau [3] auf diese Weise eine schnelle Retraction der Eckzähne zur dentoalveolären Kompensation einer skelettalen Klasse III.

Die oben genannten Studien zeigen, dass offensichtlich auch ein so komplexes Gewebe wie das Parodont in der Lage ist, bei einer Distraction neues Gewebe zu generieren (Histoneogenese). Dies warf die Frage auf, ob auch ankylosierte Zähne auf dem Wege einer desmodontalen Distraction erfolgreich eingeordnet werden können.

Um die mit einer Distractionsosteogenese verbundenen Risiken zu vermeiden, entwickelten wir daher zur Einordnung ankylosierter Zähne eine neue Behandlungsmethode, die auf der desmodontalen Distraction beruht. Ziel der vorliegenden Studie war die Entwicklung und klinische Erprobung der vertikalen Distraction des parodontalen Ligaments ankylosierter oberer Eckzähne (V-PDL-Distraction). Basierend auf einer klinischen Pilotstudie sollten die Effektivität der V-PDL-Distraction, die Behandlungsdauer sowie die Komplikationsrate bewertet werden.

Material und Methodik

Das Behandlungsprotokoll umfasste folgende Schritte:

- Chirurgische Freilegung und Luxation des ankylosierten Zahns,
- Intraoperative adhäsive Befestigung eines orthodontischen Attachments,
- Wundverschluss,
- Latenzzeit von 5–7 Tagen,

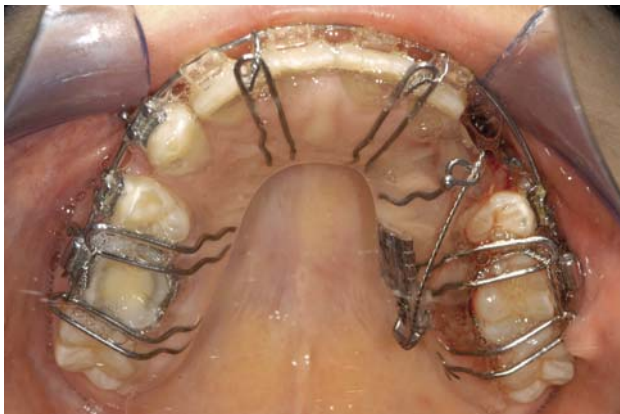


Figure 3. Distractor based on an active plate according to Schwarz. An orthodontic screw is the active distraction element. The ligature wire is for attaching to the multibracket appliance. The canine is joined with a ligature wire via the transfer arm to the distractor screw.

Abbildung 3. Distraktor auf der Basis einer aktiven Platte nach Schwarz. Als aktives Distractionselement dient eine orthodontische Schraube. Die Drahtligaturen dienen der Fixierung an der Multibracketapparatur. Der Eckzahn ist mit einer Drahtligatur über den Umlenkarm mit der Distraktor-Schraube gekoppelt.

Periodontal-mucosa-borne Distractor (PS)

In two patients, the distractor was made based on an active plate according to Schwarz. The active distraction element comprised an orthodontic screw with a length of 0.35 mm per rotation (“Sectional Screw Mini”; Dentaureum, Ispringen, Germany) (Figure 3). When it was installed, the appliance was fastened with a ligature wire to the existing multibracket appliance, and the canine joined with a ligature wire via a transfer arm to the distractor screw (Figures 3 and 4). During that process, the transfer arm was oriented so that the distraction vector adapted to the desired eruption direction.

The patients were taught how to manually activate the distractor screw. Activation was performed three times a day with two 90° turns, equaling a distraction speed of approximately 0.5 mm a day. The patients were asked to return to the dental clinic once a week for a check-up. When the distractor screw’s maximum spindle capacity was reached, the plate was removed and replaced after re-inserting the turned-back screw.

If the canines were markedly inclined, the tooth axis was initially corrected during the distraction by setting the distraction vector. Once adequate canine extrusion was achieved, fine-alignment followed using the existing multibracket appliance and the bands were subsequently removed (Figures 5 to 6c).

Periodontal-mucosa-mini-implant-borne Distractor (PSM)

In two other patients, the distractor described above also rested on a 2 × 10 mm mini-implant (Dual Top™; Jeil



Figure 4. Situation immediately after the installation of the distractor.
Abbildung 4. Situation unmittelbar nach Einsetzen des Distraktors.



Figure 5. Sufficient canine extrusion is followed by fine alignment using the existing multibracket appliance. A slight, temporary bite opening is apparent.

Abbildung 5. Nach ausreichender Extrusion des Eckzahns erfolgt die Feineinstellung mit Hilfe der vorhandenen Multibracket-Apparatur. Man erkennt eine leichte temporäre Bissöffnung.

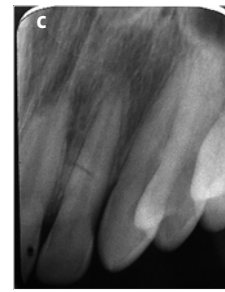
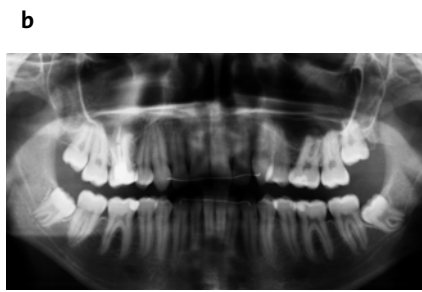
- Einsetzen des Distraktors und
- Distraction des Zahns mit einer Geschwindigkeit von 0,5 mm pro Tag.

Behandelte Patienten

Bei fünf weiblichen Patienten im Alter von 16 bis 19 Jahren wurde die Diagnose „ankylosierter oberer linker Eckzahn“ gestellt. Die Patientinnen wurden zu uns überwiesen, nachdem die konventionelle orthodontische Eckzahn-Einordnung alio loco gescheitert war (Abbildungen 1 und 2).

Verwendete Distraktoren

Je nach klinischen Erfordernissen wurden die Distaktionsgeräte auf unterschiedliche Weise verankert:



Figures 6a to 6c. Clinical situation at the end of treatment (a). Osseous regeneration is obvious in the orthopantomogram (b) and on the periapical view (c).

Abbildungen 6a bis 6c. Klinische

Situation nach Abschluss der Behandlung. Die knöcherne Regeneration ist im Orthopantomogramm (b) und auf dem Zahnfilm (c) gut erkennbar.



Figure 7. Periodontal-mucosa-mini-implant-borne distractor (PSM): The distractor rests on the adjacent teeth and mucosa, as well as on a 2 x 10 mm mini-implant.

Abbildung 7. Parodontal-Schleimhaut-Mini-Implantat-getragener Distraktor (PSM): Der Distraktor lagert nicht nur auf den benachbarten Zähnen und auf der Schleimhaut, sondern zusätzlich auf einem 2 x 10 mm großen Mini-Implantat.

Medical Corp, Seoul, South Korea) to reduce the reactive forces acting on the dentition (Figure 7).

Mini-implant Borne Distractor (M)

In the fifth patient, we inserted four 2 x 9 mm mini-implants with interchangeable abutments [31] (Benefit; Mondeal, Tuttlingen, Germany) and fabricated an exclusively bone-borne distractor (Figures 8a and 8b). Here, the same distractor screw as above was used, and lased onto 0.9 mm-thick steel archwires which acted as a scaffold between the four abutments.

Analysis

The parameters we analyzed are listed below.

Diagnostics

- Measurement of angulation of the displaced canine according to Dausch-Neumann [7]
- Displacement distance of the canine tooth: measurement of the distance from the canine tip to the occlusal plane in the orthopantomogram (OPG)

Parodontal-Schleimhaut-getragener Distraktor (PS)

Bei zwei Patientinnen wurde der Distraktor auf der Basis einer aktiven Platte nach Schwarz hergestellt. Als aktives Distraktionselement diente eine orthodontische Schraube mit einem Hub von 0,35 mm pro Umdrehung („Sektorenschraube Mini“; Dentaureum, Ispringen, Deutschland) (Abbildung 3). Beim Einsetzen wurde das Gerät mit Drahtligaturen an der vorhandenen Multibracketapparatur befestigt und der Eckzahn mit einer Drahtligatur über den Umlenkarm mit der Distraktor-Schraube gekoppelt (Abbildungen 3 und 4). Dabei wurde der Umlenkarm so ausgerichtet, dass der Distraktionsvektor mit der gewünschten Durchbruchrichtung übereinstimmte.

Den Patientinnen wurde das manuelle Vorgehen zur Nachaktivierung der Distraktor-Schraube demonstriert. Die Aktivierung erfolgte dreimal täglich mit zwei 90°-Umdrehungen, woraus sich eine Distraktionsgeschwindigkeit von etwa 0,5 mm pro Tag ergab. Die Patientinnen wurden einmal pro Woche zur Kontrolle einbestellt. Bei Erreichen der maximalen Spindelkapazität der Distraktor-Schraube wurde die Platte entfernt und mit zurückgedrehter Schraube wieder eingesetzt.

Bei stark angulierten Eckzähnen erfolgte eine erste Korrektur der Zahnachse bei Distraktion durch Einstellung des Distraktionsvektors. Nach ausreichender Extrusion des Eckzahnes erfolgten die Feineinstellung mittels der vorhandenen Multibracket-Apparatur sowie die Entbänderung (Abbildungen 5 bis 6c).

Parodontal-Schleimhaut-Mini-Implantat-getragener Distraktor (PSM)

Bei zwei weiteren Patientinnen lag der oben beschriebene Distraktor zusätzlich auf einem 2 x 10 mm großen Mini-Implantat (Dual Top™; Jeil, Seoul, Südkorea) auf, um die auf die Dentition wirkenden reaktiven Kräfte zu reduzieren (Abbildung 7).

Mini-Implantat-getragener Distraktor (M)

Bei der fünften Patientin erfolgte die Insertion von vier 2 x 9 mm großen Mini-Implantaten mit wechselbarem Abutment [31] (Benefit; Mondeal, Tuttlingen, Deutschland) und



Figures 8a and 8b. Mini-implant-borne distractor (M): Distractor anchored exclusively to the bone on four 2 x 9 mm mini-implants with interchangeable abutment. View of the distractor (a); distractor in place (b).

Abbildungen 8a und 8b. Mini-Implantat-getragener Distraktor (M): Ausschließlich skelettal gelagerter Distraktor auf vier 2 x 9 mm großen Mini-Implantaten mit wechselbarem Abutment. Aufsicht auf den Distraktor (a); Distraktor in situ (b).

Therapy

Distraction time: time from the first turn of the screw until the occlusal plane was reached.

Therapy Success was Defined by:

- Alignment in the occlusal plane
- Pulp sensibility to cold spray 6 months after distraction
- Physiologic pocket depth (using a periodontal probe)
- Presence of newly-formed hard and soft tissue in the distracted canine's periphery
- Absence of enamel and root defects

Results

The OPGs revealed vertical distances between the canines and occlusal plane ranging between 9.4 mm and 17.0 mm, with a mean of 14.0 mm (± 2.8 mm). If one assumes a mean vertical magnification factor of 1.2 to 1.4 in the OPG [29], the mean displacement distance was 10.8 mm. The mean canine angulation deviated by 16.8° ($\pm 15.3^\circ$) from the correct angulation (7°–44°). Mean distraction time was 43.2 days (± 3.6 days) (Table 1).

We succeeded in moving the displaced canines by means of V-PDL distraction to their desired positions in all five patients. Two canines required a second luxation because they had failed to move (the first luxation having proved insufficient). Three canines had defects along the cemento-enamel junction that had been apparent in the pre-operative OPG (Figures 9a to 9c). Due to a serious root defect, one canine had to be extracted after a successful distraction.

The post-operative examination 6 months after the distraction yielded the following results: one canine's pulp sensibility testing showed a positive result, another patient respond-

die Anfertigung eines ausschließlich skelettal gelagerten Distraktors (Abbildungen 8a und 8b). Hier wurde die gleiche Distraktor-Schraube wie oben verwendet und auf 0,9 mm dicke Stahlbögen gelasert, welche als Gerüst zwischen den vier Abutments dienten.

Auswertung

Folgende Parameter wurden ausgewertet:

Diagnostik

- Messung der Angulation des verlagerten Eckzahns nach Dausch-Neumann [7]
- Verlagerungsstrecke des Eckzahnes: Messung der Strecke von der Eckzahnspitze zur Okklusionsebene im Orthopantomogramm

Therapie

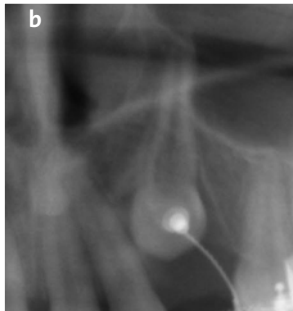
Distraktionsdauer: Dauer vom Beginn der Schraubendrehung bis zum Erreichen der Okklusionsebene.

Therapieerfolg

- Erreichen der Okklusionsebene
- Sensibilität auf Kältespray 6 Monate nach Distraction
- Physiologische Taschentiefe (PAR-Sonde)
- Vorhandensein von neu gebildetem Knochen und Weichgewebe in der Peripherie des distrahierten Eckzahns
- Keine Schmelz- und Wurzeldefekte

Ergebnisse

In den OPGs zeigte sich ein vertikaler Abstand zwischen den Eckzähnen und der Okklusionsebene von 9,4 bis 17,0 mm, der Mittelwert betrug 14,0 mm ($\pm 2,8$ mm). Berücksich-



Figures 9a to 9c. Defect in the area of the cemento-enamel junction after canine alignment (a, c). A canine defect is also apparent in the pre-operative X-ray (b).

Abbildungen 9a bis 9c. Defekt im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze nach Einordnung des Eckzahns (a, c). Auch präoperativ ist röntgenologisch schon ein Defekt am Eckzahn erkennbar (b).

Table 1. Displacement distances (corrected by the vertical magnification factor of 1.3 of the orthopantomogram), angulation, distraction duration, pulp sensibility results and tooth defects in the five patients treated.

Tabelle 1. Verlagerungsdistanzen (korrigiert um den vertikalen Vergrößerungsfaktor des Orthopantomogramms von 1,3), Angulation, Distaktionsdauer, Ergebnisse der Sensibilitätstests und Zahndefekte bei den fünf behandelten Patienten.

Patient	T.S.	P.P.	T.W.	S.W.	K.T.	Mean	Standard deviation
Anchorage	PS ^a	PS	PSM ^b	PSM	M ^c		
Displacement distance [mm]	17	14.6	15	14.2	9.4	10.8	2.16
Angulation [°]	10	12	44	7	11	12.8	15.32
Distraction time [days]	44	44	48	42	38	43.2	3.63
Pulp sensibility testing	Endo	+	-	(+)	Ex		
Tooth defect	+	+	-	-	++		

^a: parodontal-Schleimhaut-getragener Distraktor; ^b: parodontal-Schleimhaut-Mini-Implantat-getragener Distraktor;

^c: Mini-Implantat-getragener Distraktor

ed with a delayed reaction to cold spray. One tooth underwent a root filling, one canine did not react to cold spray (Table 1). Pocket depths ranged between 1 mm and 3 mm, while two patients had isolated pocket depths as great as 6 mm.

Discussion

This clinical pilot study included only female patients. Of course, our small patient number does not permit any conclusion to be made regarding the gender-specific incidence of retained canines, but it is known from the literature that females are much more frequently affected by retained canines than males [5, 9, 25]. Interestingly, all of our five patients required treatment of their upper left canines, an observation also made by Harzer [13].

Patient acceptance of the distractor was high in each case. It is worth noting that anterior-positioned distractor screws were more easily accessible for the patients and, hence, easier to activate than those in a more posterior position (Figure 3). Two of the patients found the necessity of a second luxation appointment unpleasant. Sufficient loosening of the canine seems equally important, and our clinical experience indicates that it should be luxated to the extent that it is nearly extractable.

With the distractors borne by the periodontal-mucosa, we found that the appliance protruded into the palatal mucosa and that patients felt pressure when activating the distractor screw. Indeed, it appeared that the teeth adjacent to the canine were somewhat intruded by a distraction appliance borne exclusively by the periodontal mucosa. In fact, this was especially undesirable in patients whose adjacent teeth had already been intruded by the previous conventional-extrusion attempt. We thus installed an additional mini-implant in the anterior palate of the next two patients to bear the vertical forces. Mini-implants have been used in orthodontics for several years due to their wide range of potential

tigt man einen mittleren vertikalen Vergrößerungsfaktor des OPGs von 1,2 bis 1,4 [29], ergab sich eine durchschnittliche Verlagerungsstrecke von 10,8 mm. Die Eckzahn-Angulation war um durchschnittlich 16,8° (± 15,3°) zur korrekten Angulation verändert (7°–44°). Die durchschnittliche Distaktionsdauer lag bei 43,2 Tagen (± 3,6 Tage) (Tabelle 1).

Bei allen fünf Patientinnen konnten die verlagerten Eckzähne mit Hilfe einer V-PDL-Distraction an die gewünschte Position bewegt werden. Bei zwei Eckzähnen wurde eine zweite Luxation erforderlich, da sie sich nach der primären, offensichtlich nicht ausreichenden Luxation nicht bewegten. Drei Eckzähne hatten Defekte im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze, die auch schon präoperativ im OPG erkennbar waren (Abbildungen 9a bis 9c). Ein Eckzahn musste nach erfolgreicher Distraction aufgrund des großen Wurzeldefekts extrahiert werden.

Die Nachuntersuchung 6 Monate post distractionem erbrachte folgende Resultate: Der Sensibilitätstest ergab bei einem Eckzahn ein positives Ergebnis, eine weitere Patientin gab eine verzögerte Reaktion auf das Kältespray an. Ein Zahn wurde mit Hilfe der Wurzelfüllung behandelt, ein Eckzahn reagierte nicht auf das Kältespray (Tabelle 1). Die Taschentiefen bewegten sich im Bereich von 1 mm bis 3 mm, bei zwei Patientinnen zeigten sich isolierte Taschentiefen bis zu 6 mm.

Diskussion

An der vorliegenden klinischen Pilotstudie nahmen nur weibliche Patienten teil. Natürlich erlaubt die geringe Fallzahl keinen Rückschluss auf die geschlechtsspezifische Inzidenz retinierter Eckzähne, doch ist aus der Literatur bekannt, dass Frauen bezüglich retinierter Eckzähne deutlich häufiger betroffen sind als Männer [5, 9, 25]. Interessanterweise handelte es sich bei allen fünf Patientinnen um den linken oberen Eckzahn. Diese Beobachtung wird auch von Harzer beschrieben [13].

uses as skeletal anchorage means [30]. Due to the considerable load expected, we employed mini-implants with larger dimensions and a diameter of 2 mm, which provide enhanced stability [32–34]. Nevertheless, distractors borne by periodontal-mucosal mini-implants also seemed to be associated with intrusion by the distractor (Figure 5). For this reason, we installed a distractor based exclusively on mini-implants in one patient (Figures 8a and 8b). In addition to protecting the adjacent teeth, they also make it easier to perform oral hygiene. What turned out to be disadvantageous, although acceptable in our opinion, was the somewhat greater effort involved in inserting four mini-implants. If the occlusal plane has already begun to cant during a previous attempt to align the ankylosed tooth, a distractor borne exclusively by the bone is advantageous.

Three of the five aligned canines exhibited defects in the cemento-enamel junction area (Figures 9a to 9c); one canine was not worth preserving due to the extent of the defect. These defects were apparent in the pre-operative diagnosis and may explain the failed alignment attempt and the ankylosis, respectively. This obviously high proportion of dental defects raises the question whether such complicated therapy was in fact indicated, or whether even extraction of the displaced teeth and subsequent prosthetic treatment would have been the better therapy.

An argument in favor of V-PDL distraction is the fact that the displaced canines of all the patients we examined simultaneously transported the surrounding hard and soft tissues with them. The alveolar tissue deficits apparent in all the patients at the outset were almost completely eliminated by the distraction. If an aligned canine must be extracted at a later date due to further resorptive processes, the therapy has at least established the conditions for an implant-supported prosthetic replacement. This histoneogenesis (Figures 6 and 9a to 9c) was surprisingly pronounced; it may be due to the rapid tissue regeneration capability of young patients. It remains to be seen whether good results can also be achieved in older patients.

An important prerequisite for successful distraction is maintaining a constant speed of movement after luxation and the end of the latency period. This cannot be ensured with resilient orthodontic elements. Thus the use of a screw is obligatory because it allows us to control the path taken without considering the amount of force generated.

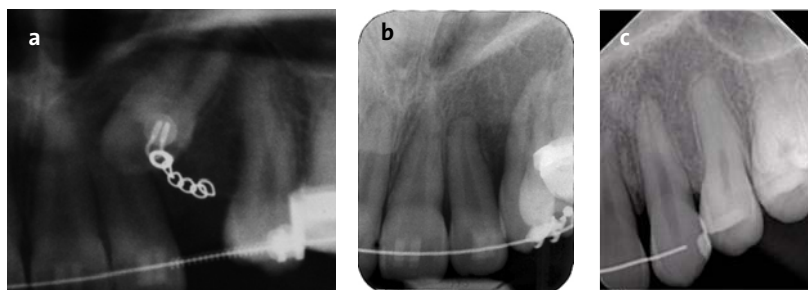
Thanks to skeletal anchorage (i.e. using mini-implants), unilateral space closure after extraction of an ankylosed canine can also be considered nowadays as an alternative to V-PDL distraction [30]. However, three of our five patients had already undergone first-premolar extraction to create space for the canine. Hence, in case of an orthodontic space closure, the second premolar would have had to be moved in a mesial direction to the lateral incisor.

The fact that the retained canines also exhibited defects before therapy makes obvious how important an accurate

Die Patientenakzeptanz bezüglich des Distraktors war jeweils hoch. Erwähnenswert ist, dass anterior positionierte Distraktor-Schrauben für die Patientinnen einfacher zugänglich und damit leichter zu aktivieren waren als die posterior angeordneten Schrauben (Abbildung 3). Als unangenehm wurde von den zwei betroffenen Patientinnen die Notwendigkeit eines zweiten Luxationstermins empfunden. Dementsprechend wichtig erscheint eine ausreichende Lockerung des Eckzahns, der nach unseren klinischen Erfahrungen soweit luxiert werden sollte, dass er nahezu extrahiert werden könnte.

Bei den beiden parodontal-Schleimhaut-getragenen Distraktoren war klinisch eine Einlagerung der Apparatur in die Gaumenschleimhaut sowie ein Druckgefühl seitens der Patientinnen bei der Aktivierung der Distraktor-Schraube festzustellen. In der Tat schienen die dem Eckzahn benachbarten Zähne durch die rein parodontal-Schleimhaut-getragene Distractionsapparatur etwas intrudiert worden zu sein. Eigentlich war dies insbesondere bei den Patienten, wo durch den vorherigen konventionellen Extrusionsversuch die benachbarten Zähne schon intrudiert worden waren, besonders unerwünscht. Folglich setzten wir bei den nächsten zwei Patientinnen zusätzlich ein Mini-Implantat im anterioren Gaumen ein, um die vertikalen Kräfte abzufangen. Mini-Implantate werden seit einigen Jahren aufgrund ihrer weitreichenden Einsatzmöglichkeiten als skelettales Verankerungsmittel in der Kieferorthopädie eingesetzt [30]. Aufgrund der zu erwartenden hohen Belastung wurden hier größer dimensionierte Mini-Implantate mit einem Durchmesser von 2 mm verwendet, die eine höhere Stabilität aufweisen [32–34]. Dennoch schien es auch bei den parodontal-Schleimhaut-Mini-Implantat-getragenen Distraktoren zu einer Intrusion durch den Distraktor zu kommen (Abbildung 5). Aus diesem Grund setzten wir bei einer Patientin einen ausschließlich auf Mini-Implantaten basierenden Distraktor ein (Abbildungen 8a und 8b). Neben der Schonung der Nachbarzähne ist die Mundhygiene-Fähigkeit bei dieser Variante günstiger. Als nachteilig, aber unseres Erachtens noch akzeptabel erweist sich der etwas höhere Aufwand mit der Insertion von vier Mini-Implantaten. Hat sich aufgrund einer Ankylose bereits eine schräge Okklusionsebene beim Einordnungsversuch entwickelt, ist ein solcher ausschließlich skelettal getragener Distraktor vorteilhaft.

Drei der fünf eingeordneten Eckzähne wiesen Defekte im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze auf (Abbildungen 9a bis 9c); ein Eckzahn war wegen der Ausprägung des Defektes nicht erhaltungswürdig. Diese Defekte waren in der präoperativen Diagnostik erkennbar und möglicherweise auch der Grund für den gescheiterten Einordnungsversuch bzw. die Ankylose. In Anbetracht dieses zweifelsohne hohen Anteils an Zahndefekten stellt sich die Frage, ob die doch recht aufwendige Therapie indiziert war oder ob nicht vielleicht sogar die Extraktion der verlagerten Zähne mit anschließender prothetischer Versorgung die bessere Therapie gewesen wäre.



Figures 10a to 10c. The canine markedly displaced at a 44° angle (a) was also aligned via distraction. There is still incomplete osseous regeneration apparent between teeth 22 and 23 on the X-ray six months later (b). Bone regeneration around tooth 23 is obvious three years after the distraction (c).

Abbildungen 10a bis 10c. Auch der mit einer Angulation von 44° ausgeprägt verlagerte Eckzahn (a) konnte per Distraction eingeordnet werden. Auf der Röntgenaufnahme nach 6 Monaten ist zwischen 22 und 23 noch keine vollständige knöchernerne Regeneration erkennbar (b). 3 Jahre post distractionem ist die Knochenneubildung um den Zahn 23 röntgenologisch gut erkennbar (c).

pre-therapeutic X-ray diagnosis is, especially when the first premolar must be extracted to create space.

It is noteworthy that we successfully aligned a markedly displaced canine positioned at a 44° angle (Figures 10a to 10c). In so doing we first selected a distraction vector which moved the canine away from the lateral incisor, pre-setting it afterwards in a purely extrusive direction.

The mean distraction period of this study was 43.2 days. This is due to the daily activation distance of 0.5 mm. The appliance continued to be removed once a week from the oral cavity for cleaning purposes and to re-insert the turned-back screw. It is possible that the canine moved back somewhat during those procedures, which would mean that the distraction time was longer than that calculated in the prognosis. Whether V-PDL distraction is also feasible with a distraction path of as much as 1 mm a day, as is realizable for bone [14–16] and horizontal PDL distraction [18, 20, 24, 26], should be evaluated in future clinical studies.

No statement can be made at present regarding the long-term prognosis. The post-operative period in this study was only 6 months to 4 years.

Conclusions

Vertical periodontal ligament (V-PDL) distraction is an innovative and minor-invasive therapy for the alignment of ankylosed canines, especially in patients with extracted premolars. Even when the long-term prognosis of canines with defects is uncertain, hard and soft tissue can be generated using V-PDL distraction in this often deficient region. This study demonstrates that this procedure functions on a basic level, thus justifying future clinical investigations and the prospect of further appliance improvements.

References

1. Alcan T. A miniature tooth-borne distractor for the alignment of ankylosed teeth. *Angle Orthod* 2006;76:77–83.
2. Becker A, Chaushu S. Success rate and duration of orthodontic treatment for adult patients with palatally impacted maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:509–14.

Für die Durchführung der V-PDL-Distraction spricht die Tatsache, dass bei allen unseren untersuchten Fällen der verlagerte Eckzahn jeweils seinen umliegenden Knochen sowie das Weichgewebe mittransportiert hat. Das anfänglich bei allen Patienten erkennbare alveoläre Gewebedefizit konnte durch die Distraction nahezu vollständig eliminiert werden. Sollte der eingeordnete Eckzahn aufgrund weiterer resorptiver Vorgänge später einmal extrahiert werden müssen, hat man durch die Therapie zumindest die Bedingungen für eine implantologische Versorgung geschaffen. Diese Histoneogenese (Abbildungen 6 und 9a bis 9c) war überraschend ausgeprägt und ist möglicherweise auf die hohe Regenerationsfähigkeit junger Patienten zurückzuführen. Es bleibt offen, ob diese guten Ergebnisse auch bei älteren Patienten zu erreichen sind.

Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Distraction ist die Aufrechterhaltung einer konstanten Bewegungsgeschwindigkeit nach Luxation und Ablauf der Latenzzeit. Mit federnden orthodontischen Elementen kann dies nicht gewährleistet werden. Aus diesem Grund ist die Verwendung einer Schraube obligatorisch, da hier die zurückgelegte Wegstrecke ohne Berücksichtigung der erzeugten Kraft kontrolliert werden kann.

Als Alternative zur V-PDL-Distraction kann heute dank skelettaler Verankerung zum Beispiel mit Mini-Implantaten auch der einseitige Lückenschluss nach Extraktion eines ankylosierten Eckzahns in Betracht gezogen werden [30]. Bei drei unserer fünf Patientinnen war jedoch schon der erste Prämolare extrahiert worden, um Platz für den Eckzahn zu schaffen. Im Falle des orthodontischen Lückenschlusses hätte der zweite Prämolare also bis zum seitlichen Scheidezahn mesialisiert werden müssen.

Die Tatsache, dass die retinierten Eckzähne schon vor der Therapie Defekte zeigten, macht deutlich, welche Bedeutung einer genauen prätherapeutischen Röntgen-Diagnostik zuzumessen ist, insbesondere dann, wenn aus Platzgründen die Extraktion des ersten Prämolaren unumgänglich ist.

Erwähnenswert ist die Tatsache, dass auch ein mit einer Angulation von 44° ausgeprägt verlagertes Eckzahn eingeordnet werden konnte (Abbildungen 10a bis 10c). Hier wur-

3. Bilodeau JE. Nonsurgical treatment with rapid mandibular canine retraction via periodontal ligament distraction in an adult with a Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:388–96.
4. Caminiti MF, Sandor GK, Giambattistini C, Tompson B. Outcomes of the surgical exposure, bonding and eruption of 82 impacted maxillary canines. *J Can Dent Assoc* 1998;64:572–4, 576–9.
5. Chaushu S, Chaushu G, Becker A. The use of panoramic radiographs to localize displaced maxillary canines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:511–6.
6. Crismani AG, Freudenthaler JW, Weber R, Bantleon HP. Impaktierte obere Eckzähne – konventionelle Röntgendiagnostik und Therapie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2000;110:1256–67.
7. Dausch-Neumann D. Der Durchbruchsweg bleibender Eckzähne. *Fortschr Kieferorthop* 1970;31:9–16.
8. Ericson S, Kuroi J. Radiographic examination of ectopically erupting maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91:483–92.
9. Ferguson JW, Parvizi F. Eruption of palatal canines following surgical exposure: a review of outcomes in a series of consecutively treated cases. *Br J Orthod* 1997;24:203–7.
10. Geiger AM, Bronsky MJ. Orthodontic management of ankylosed permanent posterior teeth: a clinical report of three cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:543–8.
11. Grande T, Stolze A, Goldbecher H. Management of an extremely displaced maxillary canine. *J Orofac Orthop* 2005;66:319–25.
12. Grande T, Stolze A, Goldbecher H, Kahl-Nieke B. The displaced maxillary canine – a retrospective study. *J Orofac Orthop* 2006;67:441–9.
13. Harzer W. Retention von Zähnen: Ätiologie, Diagnostik und Therapie. In: Diedrich P (Hrsg). *Praxis der Zahnheilkunde*, Bd 12. München–Jena: Urban & Fischer, 2002:75–99.
14. Hidding J, Lazar F, Zöller JE. Erste Ergebnisse bei der vertikalen Distractions-osteogenese des atrophischen Alveolarkamms. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999;3 Suppl 1:579–83.
15. Huck L, Korbmacher H, Niemeyer K, Kahl-Nieke B. Distraction osteogenesis of ankylosed front teeth with subsequent orthodontic fine adjustment. *J Orofac Orthop* 2006;67:297–307.
16. Ilizarov GA, Lediaev VI, Shitin VP. The course of compact bone reparative regeneration in distraction osteosynthesis under different conditions of bone fragment fixation (experimental study). *Eksp Khir Anesteziol* 1969;14:3–12.
17. Isaacson RJ, Strauss RA, Bridges-Poquis A, et al. Moving an ankylosed central incisor using orthodontics, surgery and distraction osteogenesis. *Angle Orthod* 2001;71:411–8.
18. Iseri H, Kisnisci R, Bzizi N, Tuz H. Rapid canine retraction and orthodontic treatment with dentoalveolar distraction osteogenesis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:533–41; quiz 625.
19. Jacobs SG. Ankylosis of permanent teeth: a case report and literature review. *Aust Orthod J* 1989;11:38–44.
20. Kisnisci RS, Iseri H, Tuz HH, Altug AT. Dentoalveolar distraction osteogenesis for rapid orthodontic canine retraction. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:389–94.
21. Kofod T, Wurtz V, Melsen B. Treatment of an ankylosed central incisor by single tooth dento-osseous osteotomy and a simple distraction device. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:72–80.
22. Kuroi J. Impacted and ankylosed teeth: why, when, and how to intervene. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:586–90.
23. Leifert S, Jonas IE. Dental anomalies as a microsymptom of palatal canine displacement. *J Orofac Orthop* 2003;64:108–20.
24. Liou EJ, Huang CS. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:372–82.
25. Sass T. Parodontale Probleme nach operativer Freilegung retinierter Eckzähne des Oberkiefers. *Dtsch Zahnärztl Z* 1986;41:234–6.
26. Sayin S, Bengi AO, Gurton AU, Ortakoglu K. Rapid canine distalization using distraction of the periodontal ligament: a preliminary

de zunächst ein Distractionsvektor gewählt, der den Eckzahn vom seitlichen Schneidezahn weg bewegte, um anschließend eine rein extrusive Richtung vorzugeben.

Die Distractionsdauer in dieser Studie lag bei durchschnittlich 43,2 Tagen. Dies ist zum einen auf die tägliche Aktivierungsstrecke von 0,5 mm zurückzuführen. Weiterhin wurde die Apparatur einmal in der Woche aus der Mundhöhle entfernt, um sie zu reinigen und die Schraube zurückzudrehen. Bei diesem Vorgang hat sich der Eckzahn möglicherweise etwas zurückbewegt, so dass die Dauer der Distraction länger war als rechnerisch prognostiziert. Ob eine V-PDL-Distraction auch mit einer Distractionsstrecke von bis zu 1 mm pro Tag möglich ist, wie es sowohl bei der osären Distraction [14–16] als auch der horizontalen PDL-Distraction [18, 20, 24, 26] realisierbar ist, sollte in weiteren klinischen Studien evaluiert werden.

Bezüglich der langfristigen Prognose kann derzeit keine Aussage getroffen werden. Der Nachbeobachtungszeitraum betrug in dieser Studie nur 6 Monate bis 4 Jahre.

Schlussfolgerungen

Die vertikale desmodontale Distraction (V-PDL-Distraction) ist insbesondere bei schon extrahiertem Prämolare eine innovative und wenig invasive Therapie zur Einordnung ankylosierter Eckzähne. Auch bei unsicherer langfristiger Prognose von Eckzähnen mit Defekten können mit Hilfe der V-PDL-Distraction Knochen sowie Weichgewebe in der oft defizitären Region generiert werden. Die vorliegende Studie zeigt, dass das Verfahren grundsätzlich funktioniert, so dass eine weitergehende klinische Erprobung und eine apparative Weiterentwicklung aussichtsreich erscheinen.

- clinical validation of the original technique. *Angle Orthod* 2004;74:304–15.
27. Strobl H, Manhartsberger C. Zur Einreihung des palatinal impaktierten Eckzahnes: Methodik und Ergebnisse eines kombinierten kieferchirurgischen/kieferorthopädischen Vorgehens. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1995;40:100–3.
28. Susami T, Matsuzaki M, Ogihara Y, et al. Segmental alveolar distraction for the correction of unilateral open-bite caused by multiple ankylosed teeth: A case report. *J Orthod* 2006;33:153–9.
29. Thanyakarn C, Hansen K, Rohlin M, Akesson L. Measurements of tooth length in panoramic radiographs. 1. The use of indicators. *Dentomaxillofac Radiol* 1992;21:26–30.
30. Wilmes B. Anwendungsgebiete von Mini-Implantaten. In: Ludwig B. Hrsg. *Mini-Implantate in der Kieferorthopädie, Innovative Verankerungskonzepte*. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH. 2007:89–120.
31. Wilmes B, Drescher D. A miniscrew system with interchangeable abutments. *J Clin Orthod* 2008;42:574–80.
32. 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.
33. Wilmes B, Rademacher C, Olthoff G, Drescher D. Parameters affecting primary stability of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop* 2006;67:162–74.
34. Wilmes B, Su YY, Drescher D. Insertion angle impact on primary stability of orthodontic mini-implants. *Angle Orthod* 2008;78:1065–70.

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