

Does the decision to extract influence the development of gingival recessions? A retrospective long-term evaluation

Beeinflusst der Extraktionsentscheid die Entwicklung von gingivalen Rezessionen? Eine retrospektive Langzeitbeobachtung

Nicolas M. Villard · Raphael Patcas

Abstract

Objectives. Mandibular anterior crowding can be treated by expanding the dental arch or by extracting teeth, usually premolars. The aim of this study was to assess long-term outcomes of extraction versus non-extraction therapies in terms of gingival recession.

Methods. Fifty consecutive patients were selected, including 26 non-extraction and 24 extraction cases. All had been treated with fixed appliances because of well-defined comparable moderate crowding and Angle Class I malocclusion. Patient age was documented before treatment, upon debonding, and during retention, thus, allowing the calculation of the duration of active treatment and retention. The records available for these three points in time included casts and cephalograms. The casts were used to quantify mandibular anterior crowding and the associated clinical crown lengths. Based on the cephalograms, a number of symphyseal variables were measured. Data analysis included descriptive statistics, correlation tests, and multiple regressions.

Results. For accurate comparison of the extraction and non-extraction treatment groups, we required and verified that no significant intergroup differences were present with regard to initial crowding, duration of retention, and age at final record-taking. Both groups revealed increases in crown length, which fell short of statistical significance but were twice as large for canines than for incisors. The treatment decisions to extract premolars did result in significantly different topographic positions of the lower incisors, but they made no difference in the recession outcomes. None of the variables in our regression analysis was found to predict gingival recession.

Zusammenfassung

Studienziel. Ein Engstand in der Unterkieferfront kann entweder durch die Vergrößerung des Zahnbogens (non-Ex) oder durch die Extraktion von Zähnen, in aller Regel Prämolaren (Ex), therapiert werden. Studienziel war die Evaluation der Langzeitfolgen des Therapieentscheides, Ex oder non-Ex, auf die Rezessionsentwicklung.

Methode. Untersucht wurden 50 konsekutive Patienten, die mit festsitzender Apparatur behandelt wurden, einen streng normierten moderaten Engstand im Anfangsbefund sowie eine Angle-Klasse I vorwiesen (26 non-Ex, 24 Ex). Das Patientenalter wurde zu Beginn und am Ende der aktiven Behandlung sowie in Retention festgehalten, um Therapiedauer und beobachtete Retentionszeit zu errechnen. An Gipsmodellen wurden die Platzbilanz erstellt und die klinische Kronenlänge der Front- und Eckzähne gemessen. Anhand einer Fernröntgenanalyse wurden verschiedene symphyseale Variablen berechnet. Die Datenanalyse erfolgte mit deskriptiver Statistik, Korrelationen und multiplen Regressionsanalysen.

Resultate. Die Vergleichbarkeit von Non-Ex- und Ex-Gruppe konnte gewährleistet werden, denn Unterkiefer-Zahnbogenengstand vor der Therapie, die Retentionsüberwachungszeit sowie das Alter der Patienten in Retention unterschieden sich nicht signifikant. Die Kronenlängen nahmen in beiden Gruppen von Anfang bis zur Retention im nichtsignifikanten Bereich zu, und zwar doppelt so viel bei den Eckzähnen wie bei den Frontzähnen. Der Therapieentscheid war mit der Rezessionsentwicklung nicht assoziiert, obwohl die topographische Lage der Unterkieferfront durch den Extraktionsentscheid stark beeinflusst wurde. Keine der Variablen in der verwendeten Regressionsanalyse erwies sich als Prädiktor für eine gingivale Rezession.

Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Center of Dental Medicine, University of Zurich, Switzerland

Received: 22 September 2014 ; accepted: 10 June 2015;
published online: 9 October 2015

J Orofac Orthop 2015; 76:476-492
DOI 10.1007/s00056-015-0308-2

Conclusion. Findings of gingival recession in patients having undergone orthodontic treatment do not seem to be related to extraction/non-extraction treatment decisions.

Keywords

Gingival recession · Extraction · Fixed appliance · Crowding · Malocclusion, Angle Class I

Introduction

Mandibular anterior crowding is a commonly encountered type of tooth malalignment in humans, even in the presence of a neutral sagittal (Angle Class I) relationship [17]. Various causes for its development and progression have been identified. Children and adolescents are known to develop mandibular anterior crowding because of insufficient space in the anterior arch segment relative to the mesiodistal width of the incisors. Additional factors in adolescents may include postpubertal growth of the mandible associated with uprighting of the anterior dentition toward the lingual. Crowding in adults may develop, or preexisting crowding be compounded, with age due to the lifelong physiological process of mesial tooth migration [8, 9, 16].

Orthodontic correction of mandibular anterior crowding may be achieved either by expanding the dental arch and widening the intercanine distance, or by providing compensation for the missing space by reducing the existing tooth volumes via extraction of teeth or interproximal enamel stripping. Yet intercanine expansion is considered unstable [5] and the suitability of enamel stripping is confined to cases of mild crowding [13]. The decision to extract, in turn, may be downright inevitable in cases of severe crowding, but the decision is often extremely difficult to make in moderate cases. For it is precisely in cases of moderate crowding that both non-extraction and extraction therapies have a marked impact on the position of the lower anterior teeth.

Orthodontic tooth movements may affect periodontal tissues, sometimes to the point of inducing marginal bone or gingival-tissue loss and promoting recession [26]. Hence, there has been controversy in the literature about the contribution of orthodontic movements to labial recession on the lower anterior teeth. Some clinical studies have disclosed that orthodontic movements may indeed contribute to recessions, as these were significantly more common after orthodontic treatment than in untreated individuals, apparently affecting the lower anterior teeth especially often and being more prevalent in older patients [18, 19, 20, 21]. Also, the direction of the orthodontic movement, the distance covered, and the force level applied seem to be etiologic factors for recession. Excessive labial movement of lower incisors with fenestration, dehiscence, or even loss of the buccal bone wall has been shown to carry the highest risk of gingival recession [25]. Overly large or rapid labial movement of lower incisors reduces the available time for remodeling of the

Schlussfolgerung. Die beobachtete Rezessionstendenz nach kieferorthopädischer Behandlung scheint nicht mit dem Therapieentscheid (Ex/non-Ex) vergesellschaftet zu sein.

Schlüsselwörter

Gingivarezession · Extraktion · Festsitzende Apparatur · Engstand · Malokklusion, Angle-Klasse I

Einleitung

Ein Engstand in der Unterkieferfront ist selbst bei einer sagittalen Verzahnung einer Angle-Klasse I (Neutralverzahnung) eine häufige Stellungsanomalie des menschlichen Gebisses [17]. Es lassen sich verschiedene Ursachen für die Entstehung und Progression von Engstand in der Unterkieferfront unterscheiden. Ist es beim Kind und Jugendlichen ein zu kleines Platzangebot im Frontzahnbogen in Relation zu der mesiodistalen Breite der Inzisiven, kommen beim Adoleszenten als zusätzliche Faktoren das postpubertäre Wachstum der Mandibula und die damit assoziierte Aufrichtung der Unterkieferfront nach lingual hinzu. Beim Adulten kann wegen der lebenslangen, physiologischen Mesialwanderung der Zähne mit zunehmendem Alter ein Engstand entstehen oder ein bestehender Engstand verstärkt werden [8, 9, 16].

Um einen Engstand in der Unterkieferfront kieferorthopädisch zu korrigieren, können einerseits der Zahnbogen gestreckt und die Eckzahndistanz verbreitert werden, andererseits kann der fehlende Platz durch Reduktion des Zahnmaterials mittels Extraktionen oder approximaler Schmelzreduktion ausgeglichen werden. Die approximale Schmelzreduktion eignet sich jedoch nur für die Korrektur von geringgradigem Engstand [13], und die Verbreiterung der Eckzahndistanz gilt als nicht stabil [5]. Im Gegensatz zum deutlichen Engstand, wo die Extraktionstherapie oft nicht zu umgehen ist, ist der Extraktionsentscheid in moderaten Engstandfällen oft äußerst schwierig zu fällen. Denn gerade in Fällen mit moderatem Engstand im Unterkiefer haben sowohl die Nichtextraktionstherapie wie auch die Extraktionstherapie eine deutliche Wirkung auf die Lage der Unterkieferfront.

Kieferorthopädische Zahnbewegungen können einen Einfluss auf die parodontalen Gewebe haben und in gewissen Fällen sogar zu Schwund von marginalem Knochen und Gingiva führen und die Entstehung von Rezessionen begünstigen [26]. In der Literatur wird deshalb kontrovers über den möglichen Einfluss von kieferorthopädischen Bewegungen bei der Entstehung von labialen Rezessionen der Unterkieferfront- und -eckzähne diskutiert. Einige klinische Studien konnten aufzeigen, dass kieferorthopädische Behandlungen zur Rezessionsbildung beitragen können. Im Vergleich zu unbehandelten Personen traten Rezessionen nach einer kieferorthopädischen Behandlung signifikant häufiger auf, wobei die Unterkieferfront besonders oft betroffen zu sein scheint und zudem die Häufigkeit von Rezessionen mit dem Alter der Patienten zunimmt [18, 19, 20,

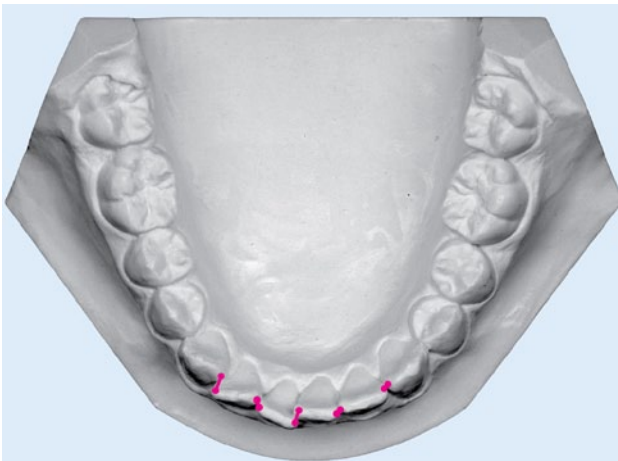


Fig. 1 ▲ Little's Irregularity Index (LLI) scores were calculated as the sum of the millimeter distances (marked in red) between the interproximal contact points in the mandibular anterior segment.

Abb. 1 ▲ Errechnung des Little-Irregularity-Index (LLI) als Summe der Kontaktpunktabstände in der Unterkieferfront (Summe in mm der rot markierten Distanzen).

alveolar process, thus, potentially giving rise to dehiscence and recession [6, 10].

Nevertheless, not all studies have demonstrated a relationship between orthodontic movement and gingival recession. A comparison of fully grown Angle Class II patients not treated by movement of lower anterior teeth to a group in whom the incisors had been moved labially failed to reveal significant differences with regard to recession or periodontal changes [1]. Aziz and Flores-Mir [4] concluded in their review that an association between mandibular anterior recession and labial repositioning of incisors does not exist. Similarly, another study did not find a difference in clinical crown lengths among patients treated by labial movement of lower anterior teeth versus patients not subjected to such movement [7]. In addition, no significant differences in terms of recession were found in other longitudinal studies analyzing the occurrence of recession before and after orthodontic treatment of mandibular crowding [15, 23].

As apparent from this overview of the literature, the question whether orthodontic tooth movement is an etiological factor for recession cannot be conclusively answered based on the available evidence. Despite conflicting reports, however, there is no denying that gingival recessions in the mandibular anterior segment may occur after orthodontic treatment. In addition, many pertinent studies have had methodological drawbacks too serious to provide adequately hard evidence. As a particular concern, none of those authors defined and reported the exact pretreatment amount of crowding they studied. As the extent of the orthodontic tooth movement will crucially depend both on the initial crowding and on the extraction/non-extraction treatment decision, there is a continuing need for long-term research into recession formation, grouped by treatment decisions, in defined cases of initial crowding.

21]. Auch die Bewegungsstrecke und -richtung sowie die applizierte Kraftgröße scheinen in der Entstehung von Rezessionen eine ätiologische Rolle zu spielen. Werden die Unterkieferinzisiven zu stark nach bukkal bewegt, sodass es zu einer Fenestrierung, Dehiszenz oder sogar zum Verlust der bukkalen Alveolar-knochenwand kommt, ist das Risiko für gingivale Rezessionen am größten [25]. Bei zu starker, aber auch zu schneller Labialbewegung der Unterkieferinzisiven besteht das Risiko, dass dem Remodeling des Alveolarfortsatzes nur ungenügend Zeit gewährt wird und sich daraus folgend Knochendehiszenzen und Rezessionen bilden [6, 10].

Doch nicht alle Studien konnten einen Zusammenhang zwischen kieferorthopädischen Zahnbewegungen und gingivalen Rezessionen nachweisen. Der Vergleich einer Gruppe von ausgewachsenen Angle-Klasse-II-Patienten, bei welchen die Unterkieferfront nicht bewegt wurde, mit einer Gruppe, bei welchen die Inzisiven nach bukkal verschoben wurden, ergab keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Auftretens von Rezessionen oder Veränderungen im Parodont [1]. In einer Übersichtsarbeit kamen Aziz und Koautoren zum Schluss, dass es keine Assoziation zwischen gingivalen Rezessionen in der Unterkieferfront und der Labialverschiebung von Inzisiven gibt [4]. Eine weitere Studie konnte gleichermaßen keinen Unterschied feststellen in der klinischen Kronenlänge im Vergleich zweier Patientengruppen, bei denen die Unterkieferfront nach labial bewegt wurde oder keine Bewegung stattgefunden hat [7]. Auch in weiteren longitudinalen Studien, die das Auftreten von Rezessionen vor und nach der kieferorthopädischen Behandlung eines Unterkieferengstandes auswerten, wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich Rezessionen gefunden [15, 23].

Aus dieser Literaturübersicht wird ersichtlich, dass die nötige Evidenz fehlt, um die Frage schlüssig zu beantworten, ob kieferorthopädische Zahnbewegungen einen ätiologischen Faktor für Rezessionen darstellen. Trotz widersprüchlichen Beobachtungen lässt sich nicht wegdiskutieren, dass gingivale Rezessionen in der Unterkieferfront nach kieferorthopädischen Behandlungen auftreten können. Zudem sind viele Studien nicht beweiskräftig genug, da sie gewichtige methodologische Mängel aufweisen. Besonders bedenklich ist die Tatsache, dass es keine Studie gibt, welche den Anfangsengstand normiert und beschreibt. Da Anfangsengstand und Therapieentscheid (Ex versus non-Ex) zwangsläufig das Ausmaß der Zahnbewegung wesentlich beeinflussen, besteht deshalb weiterhin Klärungsbedarf, Rezessionsbildung in einer Langzeitstudie bei normiertem Anfangsengstand und gruppiert nach Therapieentscheid zu untersuchen.

In der Behandlung von kieferorthopädischen Klasse-I-Fällen mit moderatem Engstand im Unterkiefer wird der konzeptionelle Extraktionsentscheid meist stark von der Beurteilung des Manövrierraumes im Unterkiefer und der Besorgnis vor Rezessionen in der Unterkieferfront beeinflusst. Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, Langzeitbeobachtungen extrahierter Fälle nicht extrahierten Fällen mit gleichwertigem Zahnbogenengstand gegenüberzustellen. Insbesondere wurde der Frage nach-

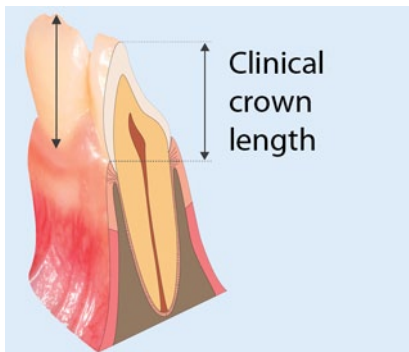


Fig. 2 ▲ Clinical crown length was measured as the distance from the deepest point of the gingival margin to the incisal edge (incisors) or cuspal tip (canines) in mm.

Abb. 2 ▲ Messung der klinischen Kronenlänge: Distanz zwischen tiefstem Punkt an der Margo gingivae und Inzisalkante der Frontzähne bzw. Höckerspitze der Eckzähne in mm.

In orthodontic Class I cases with moderate mandibular crowding, the conceptual decision on whether to perform extraction therapy tends to be greatly influenced by the available maneuvering space in the mandible and by concerns about gingival recession in the anterior segment. We devised the present study to compare long-term observations of extraction and non-extraction cases characterized by equivalent pretreatment crowding. One major question concerned the possibility of an association between treatment decisions and severity of gingival recession. In this context, the null hypothesis was posited that the (extraction versus non-extraction) treatment decision would not affect labial recessions in the anterior mandible. In addition, these decisions were to be analyzed, based on cephalometric variables, for an association with the topographic position of the lower incisors.

Materials and methods

Study design

The study had a retrospective longitudinal design and was based on 50 patients who had been orthodontically treated at our institution (Center of Dental Medicine, University of Zurich, Switzerland). These patients included a non-extraction group and an extraction group, the latter characterized by removal of two premolars (one in either posterior segment of the mandible). To minimize any interference by case-specific confounders, all patients were selected in a strictly consecutive fashion.

Inclusion criteria

Patients were included who had completed orthodontic treatment with a fixed appliance; were discharged from retention follow-up between 2000 and 2011; for whom complete records were available, consisting of a patient file (case history) and series of study casts and cephalograms obtained before treat-

gegangen, ob ein allfälliger Zusammenhang zwischen Therapie- und Ausmaß von Rezessionen besteht. Dabei wurde die Nullhypothese aufgestellt, dass der Behandlungsentscheid (Ex/non-Ex) die Bildung von labialen Rezessionen in der Unterkieferfront nicht beeinflusst. Zusätzlich sollte anhand von kephalometrischen Variablen das Verhältnis zwischen Therapie- und der topografischen Lage der Unterkieferinzisiven untersucht werden.

Material und Methode

Studienaufbau

Die vorliegende retrospektive, longitudinale Studie wurde an einer Gruppe von 50 am Zentrum für Zahnmedizin der Universität Zürich kieferorthopädisch behandelten Patienten durchgeführt. Zwei Behandlungsgruppen wurden einander gegenübergestellt: Patienten, die ohne Extraktionen behandelt (non-Ex) wurden, und solche, bei denen im Verlauf der Behandlung im Unterkiefer beidseits je ein Prämolare extrahiert (Ex) wurde. Die Patientenauswahl erfolgte streng konsekutiv, um weitere mögliche fallgebundene Störgrößen als Einflussfaktoren möglichst ausschließen zu können.

Einschlusskriterien

Aufgenommen wurden Patienten nach abgeschlossener kieferorthopädischer Behandlung mit festsitzender Apparatur, die zwischen 2000 und 2011 aus Retentionskontrollen entlassen worden waren; für die eine vollständige Dokumentation mittels Patientenakte (Krankengeschichte) sowie Studienmodelle und Fernröntgenbilder vor Behandlungsbeginn (*Anfang*), unmittelbar nach Behandlungsende (*Debonding*) und in Retention (*Abschluss*) vorlagen; an denen keine kieferchirurgischen Eingriffe, kein Stripping und keine Extraktionen von Frontzähnen oder Molaren im Unterkiefer vorgenommen worden waren; die keine Nichtanlagen aufwiesen und eine Retentionszeit (Zeitintervall zwischen *Debonding*- und *Abschluss*-Unterlagen) von minimal 3 Jahren hinter sich gebracht hatten. Ferner war gefordert, dass der *Anfangsbefund* jeweils eine vollständig durchgebrochene bleibende Dentition (bis zum ersten Molaren) mit moderatem Frontengstand (Little-Index 4–9 mm) bei Angle-Klasse-I-Verzahnung der Molaren (Abweichungen größer als ½ Klasse II bzw. ¼ Klasse III wurden ausgeschlossen) ohne Lücken oder Engstand im Seitenzahnbereich sowie gesunde gingivale und parodontale Verhältnisse aller Zähne aufwies.

Von den 50 Patienten, die diese Bedingungen erfüllten, konnten 26 in die Non-Ex-Gruppe und 24 in die Ex-Gruppe eingeschlossen werden. Bei jedem Patienten wurden aus den archivierten Patientenunterlagen die Modelle und Fernröntgenbilder von Anfang, *Debonding* und *Abschluss* zur Analyse entnommen und aus der Krankengeschichte das Alter der Patienten bei Behandlungsbeginn, Behandlungsende und bei der Retentionsdokumentation bestimmt sowie die Dauer der aktiven Behandlung (*Einstieg* festsitzender Apparatur bis *Debond*) berechnet.

Tab. 1 Cephalometric landmarks and measurements.
Tab. 1 Kephalemtrische Bezugspunkte und Messungen.

| Landmarks | | |
|---------------------------------|-----|---|
| Apex | Lia | Apex of mandibular central incisor |
| B point | B | Deepest point at the ventral symphyseal contour |
| Corpus tangent point | CP | Used to construct the mandibular plane (MP) ^a |
| Genion | Ge | Most dorsal and prominent point of chin |
| Incisal point | Li | Incisal point of mandibular central incisor |
| Menton | Me | Deepest (cross-sectional radiographic) point of chin |
| Pogonion | Pg | Most anterior and prominent point of chin |
| Linear and angular measurements | | |
| D1 | mm | Distance of Li from a perpendicular to MP tangent to Pg |
| D2 | mm | Distance of B from a perpendicular to MP tangent to Pg |
| D3 | mm | Distance of Lia from a perpendicular to MP tangent to Ge |
| D4 | mm | Distance between both perpendiculars tangent to Pg and Ge |
| α | ° | Angle formed by the lines Li-Lia and MP |

^aCP is a constructed reference point rather than an anatomical landmark

Tab. 2 Descriptive statistics for selected variables in both treatment groups.
Tab. 2 Deskriptive Statistik unterschiedlicher Variablen der Ex- und Non-Ex-Gruppe.

| Variable | Group | n | Mean ± SD | Min | max |
|------------------------------------|----------------|----|----------------------|------|------------|
| Pretreatment crowding ^a | Extraction | 24 | 6.04±1.19 mm | 4.13 | 8.77 mm |
| | Non-extraction | 26 | 6.40±1.29 mm | 4.28 | 8.56 mm |
| Duration of treatment | Extraction | 24 | 738.88±207.2 days | 201 | 1287 days |
| | Non-extraction | 26 | 488.12±194.71 days | 67 | 1015 days |
| Duration of retention | Extraction | 24 | 2676.13±684.14 days | 1389 | 4228 days |
| | Non-extraction | 26 | 2532.69±864.77 days | 1148 | 5102 days |
| Age during retention ^b | Extraction | 24 | 8706.50±1032.92 days | 6684 | 11762 days |
| | Non-extraction | 26 | 9052.54±2223.05 days | 6899 | 15266 days |

^aExpressed by pretreatment LLI (Little's Irregularity Index) scores ^bRetention = time at which the final records were taken

Tab. 3 Selected variables tested for equality of means in both treatment groups (extraction versus non-extraction).
Tab. 3 Statistische Analyse der Mittelwertgleichheit verschiedener Variablen zwischen der Ex- und Non-Ex-Gruppe.

| Variable | Normal distribution | Statistical test | p-value | Significance |
|------------------------------------|---------------------|------------------|---------|--------------|
| Pretreatment crowding ^a | yes | Paired sample t | p=0.314 | n.s. |
| Duration of treatment | yes | Paired sample t | p=0.000 | ^d |
| Duration of retention | yes | Paired sample t | p=0.521 | n.s. |
| Age during retention ^b | no | Mann-Whitney U | p=0.394 | n.s. |

^aExpressed by pretreatment LLI (Little's Irregularity Index) scores ^bRetention = time at which the final records were taken ^cCorrelation is significant at the 0.05 level (two-tailed) ^dCorrelation is highly significant at the 0.01 level (two-tailed)

ment (pretreatment records), directly upon completion of treatment (debonding records), and during retention (final records); who had undergone neither orthognathic surgery nor stripping or extraction of any lower teeth other than premolars; did not have any congenitally missing teeth; and had undergone retention for at least 3 years (interval between the debonding and the final records). Furthermore, it was required that the pretreatment records showed complete eruption of the permanent dentition to the first molars, with moderate anterior crowding based on Little's Irregularity Index (LII: 4–9 mm), Angle Class I occlusion of molars (deviations

Modelle

Die Vermessung der Modelle erfolgte mit einer digitalen Schublehre auf 2 Dezimalstellen genau. Folgende Bestimmungen wurden an den Unterkiefermodellen durchgeführt: eine *Platzbilanz* gemäß dem Little-Irregularity-Index [12], wobei in okklusaler Ansicht die Summe der Verschiebung der idealen Kontaktpunkte der 6 Frontzähne errechnet wird (**Abb. 1**), sowie die *klinische Kronenlänge* aller Front- und Eckzähne, definiert als Distanz zwischen dem tiefsten Punkt am Gingival-saum (Margo gingivae) und der Höckerspitze der Eckzähne beziehungsweise der Inzisalkante der Frontzähne (**Abb. 2**).

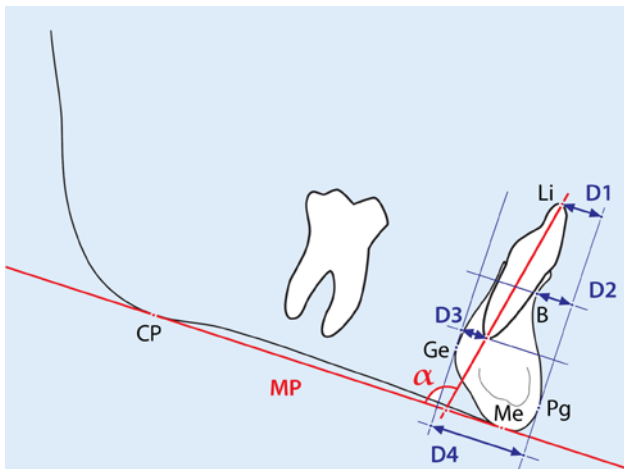


Fig. 3 ▲ Cephalometric landmarks and measurements (see ■ Tab. 1 for definitions).

Abb. 3 ▲ Kephalmetrische Bezugspunkte und Messungen, gemäß den Definitionen in ■ Tab. 1.

of more than one-half toward Class II or more than one-fourth toward Class III were excluded), no edentulous spaces or crowding in the posterior segments, and gingival/periodontal health of all teeth.

Of the 50 patients who met these criteria, 26 could be included in the non-extraction and 24 in the extraction group. For each patient, the pretreatment, debonding, and final records (i.e., casts and cephalograms) were retrieved for analysis. Also, patient age was determined at each of these three times and the duration of active treatment (from insertion of the fixed appliance to debonding) calculated from the case history.

Casts

The measurements on the casts were performed using a digital caliper and the results documented in millimeters with two decimal digits. Two parameters were determined on the mandibular casts: *total crowding* and *clinical crown length*. Fig. 1 illustrates how total crowding was calculated from an occlusal view by totaling up all deviations of the six anterior teeth from their ideal contact points in accordance with Little's Irregularity Index [12]. Fig. 2 shows how the clinical crown lengths for all incisors and canines were defined as the distance between the deepest point of the gingival margin and the incisal edge or the cusp tip, respectively. Intraindividual increases in clinical crown length over time were interpreted as gingival recession.

Cephalograms

All pretreatment, debonding, and final cephalograms were traced to 0.14 acetate foils (Forma) using a 0.3 mm H1-Fix "lead" pencil. Visible double contours of paramedian structures were traced independently and were averaged only during the ensuing computer analysis. The cephalometric landmarks used and the measurements performed with them are listed in Tab. 1. The mandibular plane (MP) served as the ref-

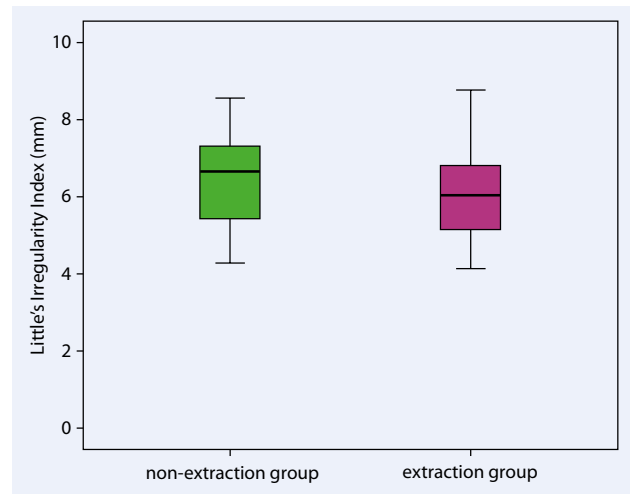


Fig. 4 ▲ Pretreatment scores of mandibular anterior crowding.

Abb. 4 ▲ Engstand im Unterkieferzahnbogen vor der Behandlung.

Eine intraindividuelle Vergrößerung der klinischen Kronenlänge über die Zeit wurde als Rezessionsbildung gedeutet.

Fernröntgenbilder

Alle Fernröntgenbilder (Anfang, Debonding, Abschluss) wurden mit einem Bleistift (0,3 mm H1-Fix) auf eine 0,14-Acetatfolie (Forma) durchgezeichnet. Waren von paramedianen Strukturen Doppelkonturen sichtbar, wurden auch diese festgehalten und erst in der Computerauswertung gemittelt. Die verwendeten kephalometrischen Bezugspunkte sind in Tab. 1 aufgelistet. Mithilfe der beschriebenen Punkte wurden die kephalometrischen Messungen vorgenommen, welche in Tab. 1 beschrieben sind und in Abb. 3 wiedergegeben sind. Die Referenzstruktur für die Messungen ist die Mandibular Plane (MP). Der Winkel α illustriert die Achsenneigung der Unterkieferfront im Verhältnis zur Referenzstruktur MP. Die Distanzen D1 bis D4 beschreiben die Symphyse und die Lage der Unterkieferfront in ihr.

Methodologischer Aufbau

Die Voraussetzung der Reproduzierbarkeit der kephalometrischen und der Gipsmodellvariablen wurde durch wiederholte Messungen beleuchtet. Die Prämisse der Vergleichbarkeit der Gruppen (Ex/non-Ex) wurde überprüft, indem sich beide hinsichtlich der Kriterien (a) anfängliches Engstandausmaß, (b) Dauer der aktiven Behandlung, (c) Retentionszeit und (d) Alter der Patienten bei den finalen Unterlagen nicht signifikant unterscheiden sollten. Die Veränderung der klinischen Kronenlänge von Front- und Eckzähnen wurde untersucht, und die Änderungen beider Gruppen wurden gegenübergestellt. Weiteren möglichen Unterschieden zwischen den beiden Gruppen wurde nachgegangen, indem potenzielle Assoziationen zwischen dem Therapieentscheid und dentalen und symphysealen Aspekten analysiert wurden. Zusätzlich wurde

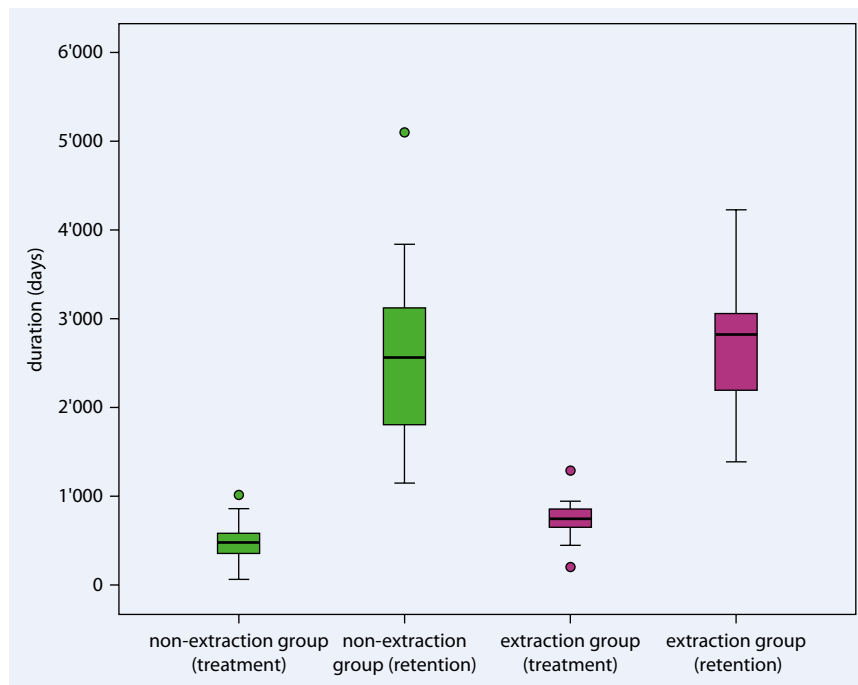


Fig. 5 ◀ Durations of active treatment and retention.

Abb. 5 ◀ Behandlungsdauer und Beobachtungszeit in Retention.

erence structure for these measurements. An illustration is provided in Fig. 3, with the angle α indicating the axial inclination of the lower incisors relative to MP. The distances D1–D4 describe the symphysis and the position of the incisors inside it.

Methodological setup

Repeated measurements were performed to evaluate reproducibility of the radiographic and cast-based variables. The comparability of the extraction and non-extraction treatment groups was checked against the requirements that both were not supposed to differ in terms of (a) initial crowding, (b) duration of active treatment, (c) duration of retention, and (d) age at final record-taking. Changes in clinical crown length were analyzed and compared between the two groups. We addressed other potential intergroup differences by analyzing correlations between the treatment decisions and dental or symphyseal parameters. Also, we evaluated whether the crown-length changes noted between the pretreatment and the final records correlated with these dental or symphyseal parameters. Finally, regression models were used to explore the impact of variables on the crown-length changes.

Statistical analysis

Data were analyzed using standard software (IBM SPSS, v. 20; Armonk, NY, USA). To test intrarater reproducibility, intraclass correlation coefficients (ICCs) for absolute agreement were calculated based on one-way analysis of variance (ANOVA). Descriptive statistics was used to describe and exploratively analyze the cast-based and cephalometric measurements. The variables were checked for normal distribution with a Kolmogorov–Smirnov test and outliers determined via

untersucht, ob die Veränderungen von Eckzahn- und Frontzahnkronenlängen, die zwischen dem Anfangsbefund und dem Retentionsbefund beobachtet werden können, mit verschiedenen dentalen oder symphysealen Aspekten in einem möglichen Zusammenhang stehen. Letztlich wurde mittels Regressionsmodellen der Einfluss verschiedener Variablen auf die Veränderung der Kronenlänge untersucht.

Statistische Datenauswertung

Zur statistischen Auswertung der Daten wurde ein Standardsoftwarepaket (IBM SPSS Version 20, Armonk, NY, USA) verwendet. Um die intrapersonelle Reproduzierbarkeit der Daten zu testen, wurde die Intraklassenkorrelation (ICC) für absolute Übereinstimmung, basierend auf einer Einwegvarianzanalyse (ANOVA), berechnet. Die klinischen und kephalometrischen Messungen wurden mittels deskriptiver Statistik beschrieben und explorativ analysiert. Die Annahme, dass die Variablen normalverteilt sind, wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test untersucht, und Ausreißer wurden mithilfe von Signifikanzschranken nach Pearson und Hartley bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,01$ bestimmt. Um die Vergleichbarkeit der Gruppen zu überprüfen, wurde die Mittelwertgleichheit bzw. Medianwertgleichheit verschiedener Variablen untersucht. Zur Bestimmung möglicher Korrelationen zwischen der Behandlungszeit und dem Extraktionsentscheid, sowie des Verhältnisses zwischen den Modell- und den kephalometrischen Werten, wurde je nach Anwendbarkeit der ungepaarte Student-t-Test oder der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Mithilfe des Levene-Tests konnten die Varianzen der Modellparameter verglichen werden. Um die Korrelationen zwischen einer vergrößerten klinischen Kronenlänge und verschiedenen Fernröntgenbild-Parametern zu berechnen, wurde die Spearman-Kor-

Tab. 4 Descriptive statistics of crown lengths and crown-length increases (Δ = difference) in both treatment groups.**Tab. 4** Deskriptive Statistik der Kronenlängen und Differenzen (Δ) in der Ex- und der Non-Ex-Gruppe.

| | Teeth | Treatment stage | Mean crown lengths \pm SD | Min | max |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------|----------|
| Extraction group | Canines (n=48) | Pretreatment | 9.001 \pm 1.432 mm | 5.79 | 12.01 mm |
| | | Debonding | 9.391 \pm 1.582 mm | 6.61 | 15.25 mm |
| | | Retention/final cast | 10.070 \pm 1.468 mm | 7.81 | 13.99 mm |
| | Δ pretreatment to retention: | | 1.067 \pm 1.347 mm | -1.27 | 4.24 mm |
| | Incisors (n=96) | Pretreatment | 8.120 \pm 0.819 mm | 6.34 | 10.71 mm |
| | | Debonding | 8.083 \pm 0.791 mm | 6.25 | 11.10 mm |
| | | Retention/final cast | 8.553 \pm 1.098 mm | 6.22 | 12.67 mm |
| Δ pretreatment to retention: | | 0.433 \pm 0.868 mm | -1.94 | 2.94 mm | |
| Non-extraction group | Canines (n=52) | Pretreatment | 9.049 \pm 1.327 mm | 7.01 | 13.12 mm |
| | | Debonding | 9.368 \pm 1.283 mm | 6.83 | 12.99 mm |
| | | Retention/final cast | 9.917 \pm 1.014 mm | 7.47 | 11.82 mm |
| | Δ pretreatment to retention | | 0.838 \pm 0.939 mm | -1.33 | 4.33 mm |
| | Incisors (n=104) | Pretreatment | 8.205 \pm 0.819 mm | 6.36 | 11.95 mm |
| | | Debonding | 8.157 \pm 0.923 mm | 5.22 | 11.69 mm |
| | | Retention/final cast | 8.608 \pm 0.981 mm | 6.69 | 11.56 mm |
| Δ pretreatment to retention | | 0.368 \pm 0.755 mm | -1.99 | 2.19 mm | |

SD standard deviation

significance thresholds according to Pearson and Hartley at a significance level of $\alpha=0.01$. Group comparability was verified by testing for equality of means/medians. An unpaired Student's t-test or Mann-Whitney U-test, whichever was applicable, served to explore any correlations of treatment duration with treatment modality and between cast-based and cephalometric values. Levene's test allowed us to compare the variances involved in the cast-based values. Relationships between crown-length increases and cephalometric parameters were identified by calculating Spearman's rho correlations. Cephalometric parameters subject to change during treatment were selected for multiple regression analyses, using the adjusted determination coefficient (R^2) to discuss the relevance of the models. Results were considered significant at $p \leq 0.05$.

Results

Reproducibility

The intraclass correlation coefficients (ICCs) demonstrated very good reproducibility of all measurements. They varied from 0.919 (95% CI 0.708–0.979) to 0.999 (95% CI 0.998–0.999) for the cephalometric and from 0.996 (95% CI 0.992–0.998) to 0.999 (95% CI 0.998–0.999) for the cast-based measurements.

Group comparability

Pretreatment mandibular crowding based on Little's Irregularity Index hardly differed between the two treatment groups (Tab. 1, Fig. 4); the mean score was approximately 6.2 mm in either group with no statistically significant difference (Tab. 3). *Duration of active treatment* was 2.0 \pm 0.6 years (738.9 \pm 207.2 days) in the extraction versus 1.3 \pm 0.5 years (488.1 \pm 194.7 days) in the non-extraction group (Tab. 2, Fig. 5);

relationsanalyse appliziert. Kephalemtrische Parameter, die während der Behandlung beeinflusst werden, wurden für multiple Regressionsanalysen selektioniert. Die Relevanz des Modells wurde anhand des adjustierten Determinationskoeffizienten (R^2) diskutiert. P-Werte kleiner als 0,05 wurden als statistisch signifikante Resultate interpretiert.

Resultate

Reproduzierbarkeit

Anhand der ICC konnte eine sehr gute Reproduzierbarkeit aller erfassten Messungen nachgewiesen werden. Die ICC-Werte für kephalemtrische Messungen variierten zwischen 0,919 (95%-KI 0,708–0,979) und 0,999 (95%-KI 0,998–0,999), für Gipsmodellmessungen zwischen 0,996 (95%-KI 0,992–0,998) und 0,999 (95%-KI 0,998–0,999).

Vergleichbarkeit beider Gruppen

Beim *Engstand im Unterkiefer vor der Behandlung* gemäß Little-Index unterschieden sich die beiden Gruppen kaum (Tab. 2, Tab. 1). Beide Gruppen wiesen einen Anfangsengstand von etwa 6,2 mm auf und unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. 3). Die *Dauer der aktiven Behandlung* betrug in der Ex-Gruppe durchschnittlich 2,0 \pm 0,6 Jahre (738,9 \pm 207,2 Tage) und unterschied sich von der Behandlungsdauer in der Non-Ex-Gruppe mit einer durchschnittlichen Behandlungszeit von 1,3 \pm 0,5 Jahren (488,1 \pm 194,7 Tage) (Tab. 2 und Abb. 5). Die zeitliche Differenz zwischen der Ex- und der Non-Ex-Gruppe bezüglich der aktiven Behandlungsdauer betrug im Schnitt 250 Tage – ein Unterschied, welcher als hoch signifikant zu werten ist ($p \leq 0,001$) (Tab. 3). Die *Dauer der Retentionsüberwachung* zwischen Debonding und den Abschluss-Unterlagen betrug in der Ex-Gruppe im Durchschnitt

Tab. 5 Mann–Whitney U-test for correlations of changes (Δ = difference) in dental and symphyseal variables with the extraction versus non-extraction treatment decisions.

Tab. 5 Mann-Whitney-U-Test: Korrelation verschiedener Variablen zur Ex-/Non-Ex-Entscheidung. Signifikanter Wert bedeutet Korrelation zum Extraktionsentscheid.

| | | | Δ from pretreatment records to | | | |
|------------|----------------|-------|---------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| | | | debonding | | retention/final | |
| Dental | Angle α | n=49 | p=0.000 | ^b | p=0.005 | ^b |
| | Canine length | n=196 | p=0.560 | n.s. | p=0.853 | n.s. |
| | Incisor length | n=98 | p=0.723 | n.s. | p=0.921 | n.s. |
| Symphyseal | Distance D1 | n=49 | p=0.000 | ^b | p=0.000 | ^b |
| | Distance D2 | n=49 | p=0.000 | ^b | p=0.000 | ^b |
| | Distance D3 | n=49 | p=0.012 | ^a | p=0.000 | ^b |
| | Distance D4 | n=49 | p=0.435 | n.s. | p=1.000 | n.s. |

^aCorrelation is significant at the 0.05 level (two-tailed) ^bCorrelation is highly significant at the 0.01 level (two-tailed)

this difference amounted to a highly significant ($p \leq 0.001$) 250 days (Tab. 3). *Duration of retention* from debonding to final record-taking averaged 7.3 ± 1.9 years (2676.1 \pm 684.1 days) in the extraction and 6.9 ± 2.4 years (2532.6 \pm 864.8 days) in the non-extraction group (Tab. 2, Fig. 5); this difference—in the presence of normal distributions in both groups—was not statistically different (Tab. 3). *Age during retention* (i.e., at final record-taking) was 23.8 ± 2.8 years (8706.5 \pm 1032.9 days) in the extraction and 24.8 ± 6.1 years (9052.5 \pm 2223 days) in the non-extraction group (Tab. 2); thus, the age structure of both groups was statistically comparable (Tab. 3).

Crown-length increases

The mean changes in crown length from the pretreatment situation to the situation in the retention phase at final record-taking are presented in Tab. 4 and illustrated in Fig. 6 (canines) and Fig. 7 (incisors). In the non-extraction group, canine crown length (distance from gingival margin to cusp tip) increased by a moderate 0.8 mm and incisor crown length (distance from gingival margin to incisal edge) by 0.4 mm. In the extraction group, the mean increases were approximately 1.1 mm (canines) and 0.4 mm (incisors). After determining the significance thresholds, five crown-length measurements were found to be statistical outliers, which all originated from just two patients (one in the non-extraction group and one in the extraction group).

Explorative data analysis and correlations

Statistical analysis of the crown-length changes yielded significant differences between the extraction and the non-extraction group neither from baseline to debonding nor from baseline to final record-taking, which was true for the incisors and for the canines (all $p > 0.050$). Levene’s test did reveal a significant difference between the two treatment groups with regard to the variance of mean canine-length changes ($p = 0.007$). In other words, as also apparent in Fig. 6, canine crown length was much more variable in the extraction group during retention. By contrast, no significant intergroup difference in variance

7.3 ± 1.9 Jahre (2676,1 \pm 684,1 Tage) und war in der Non-Ex-Gruppe mit $6,9 \pm 2,4$ Jahren (2532,6 \pm 864,8 Tage) ähnlich (Tab. 2, Abb. 5). Die Retentionszeiten sind in beiden Gruppen normalverteilt und nicht signifikant unterschiedlich (Tab. 3). Das durchschnittliche *Alter in Retention* zum Zeitpunkt der Finale-Unterlagen betrug in der Ex-Gruppe $23,8 \pm 2,8$ Jahre (8706,5 \pm 1032,9 Tage) und in der Non-Ex-Gruppe $24,8 \pm 6,1$ (9052,5 \pm 2223) (Tab. 2). Beide Gruppen waren bezüglich ihrer Altersstruktur nicht signifikant unterschiedlich (Tab. 3).

Veränderung der klinischen Kronenlängen

Die Veränderungen der mittleren Kronenlängen vom Anfangsbefund bis zum Retentionsbefund sind in Tab. 4 sowie in den Abb. 6 (Eckzähne) und 7 (Frontzähne) wiedergegeben. Die Non-Ex-Gruppe zeigte bei den Eckzähnen eine dezente Längenzunahme um 0,8 mm. Bei den Frontzähnen vergrößerte sich die Distanz zwischen Margo gingivae und Inzisalkante um durchschnittlich 0,4 mm. In der Ex-Gruppe betrug die durchschnittliche Verlängerung der Distanz von Gingivalsaum bis zur Höckerspitze der Eckzähne 1,1 mm. Die Verlängerung der Unterkiefer-Frontzahnkronen betrug durchschnittlich 0,4 mm. Nach Eruiierung der Signifikanzschranken ergab sich, dass 5 Kronenlängenmessungen statistische Ausreißer waren. Diese 5 Messungen stammten jedoch allesamt nur von 2 Patienten (1 Patient der Non-Ex-Gruppe, 1 Patient der Ex-Gruppe).

Explorative Datenanalyse und Korrelationen

Die statistische Analyse der Kronenlängen der Front in der Ex- und Non-Ex-Gruppe ergab weder zwischen Anfang und Debond noch zwischen Anfang und Abschluss einen signifikanten Unterschied ($p > 0,050$). Auch bei den Eckzähnen ergaben sich keine signifikanten Differenzen ($p > 0,050$). Jedoch konnte mit dem Levene-Test gezeigt werden, dass sich die Varianz der durchschnittlichen Differenz der Eckzahnlänge im Abschluss-Befund zwischen der Ex- und Non-Ex-Gruppe signifikant unterschied ($p = 0,007$), sodass die Eckzahnkronenlänge in Retention in der Ex-Gruppe viel variabler war (siehe

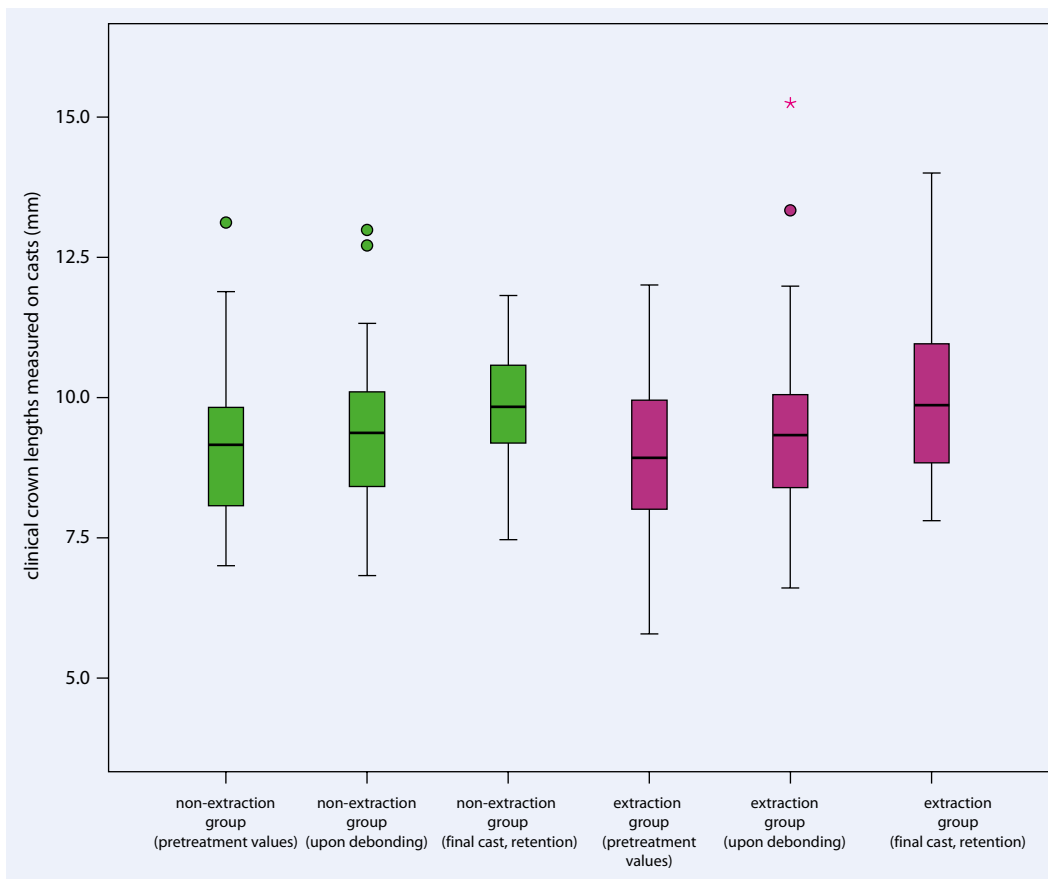


Fig. 6 ◀ Canine crown lengths.
Abb. 6 ◀ Kronenlänge der Eckzähne.

was seen for incisor crown length based on the final records ($p > 0.050$; Fig. 7).

Correlations with treatment decision

Correlations between treatment decision (extraction versus non-extraction) and changes in variables noted upon completion of active treatment (at debonding) or during retention (at final record-taking) are listed in Tab. 5. The changes of inclination angle α and distances D1, D2, and D3 were accompanied by—usually highly—significant correlations with treatment decision both after active treatment and at final record-taking. Hence, it may be concluded that decisions to extract result in significantly different topographic positioning of the lower incisors (indicated by α and D1–3) and that this difference, during the retention period, remains noticeable for years to come. D4 was the only symphyseal variable to not significantly correlate with treatment decision throughout the observation period.

Correlations with crown-length increases

The results of correlating the pretreatment values of the various cephalometric variables with the differences in crown length from baseline to retention are listed in Tab. 6. It is worth pointing out that none of these pretreatment variables was associated with canine crown lengthening. In other words, no relationship with developments of canine crown lengthening

auch Abb. 6). Dagegen unterschieden sich im Vergleich der beiden Gruppen die Varianzen der durchschnittlichen Differenzen der Kronenlängen der Unterkiefer-Frontzähne im Finale-Befund nicht signifikant ($p > 0,050$) (Abb. 7).

Korrelationen zum Therapieentscheid

Assoziationen zwischen dem Therapieentscheid und Veränderungen, die während der aktiven Behandlung oder der Retentionszeit beobachtet werden konnten, sind in Tab. 5 aufgelistet. Die Veränderungen (während der Behandlung) des Inklinationwinkels α sowie der Distanzen D1, D2 und D3 korrelierten meistens hochsignifikant mit dem Therapieentscheid Ex bzw. non-Ex. Dieselben Variablen korrelierten auch signifikant, wenn die Differenzen zwischen Anfang und Finale mit dem Therapieentscheid untersucht wurden. Somit kann gefolgert werden, dass die durch den Therapieentscheid erfolgte, signifikante Veränderung der topografischen Lage der Unterkieferfront (mit α , D1–3 wiedergegeben) Jahre danach in der Retention weiterhin beobachtet werden kann. Bei den symphysealen Variablen korrelierte einzig die Distanz D4 nicht signifikant mit der gewählten Therapie im selben Zeitraum.

Korrelationen zur Verlängerung der Kronenlänge

Verschiedene kephalometrische Variablen im Anfangsbefund wurden in Bezug auf eine mögliche Korrelation zur Kronen-

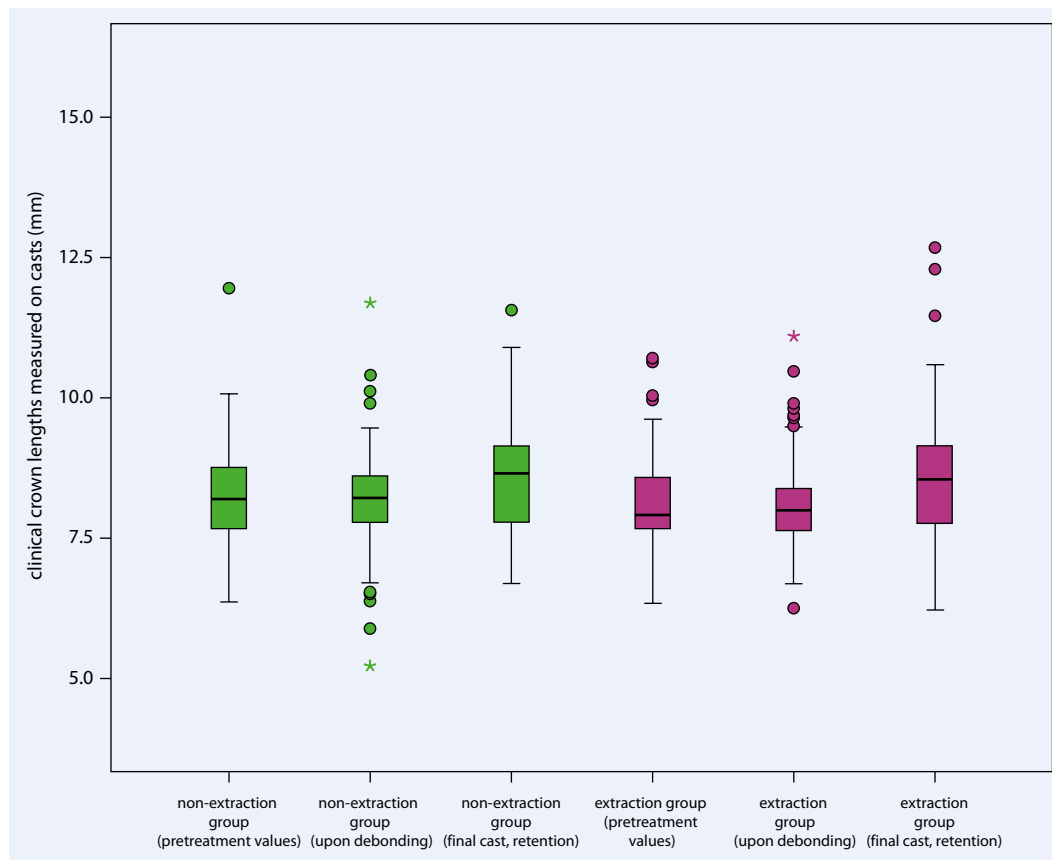


Fig. 7 ◀ Incisor crown lengths.
Abb. 7 ◀ Kronenlängen der Frontzähne.

could be inferred from any of the pretreatment cephalometric variables. Incisor crown lengthening was found to correlate weakly but significantly ($p=0.027$) with inclination angle α and to show a weak negative correlation with symphyseal width ($p=0.004$).

Regression analysis

The results of the last analysis step evaluating the impact of treatment-related changes on recession formation by reviewing the variables that were subject to change during treatment as predictors for recession in regression models are summarized in **Tab. 7**. A multiple regression model was used to explore the influence of the (extraction versus non-extraction) treatment decisions as well as of the changes in inclination angle and of the symphyseal parameters during treatment. An additional simplified model was confined to the treatment decisions and changes in inclination angle. Though some of the dental parameters appeared to be significant modifiers of crown length, an effect of the treatment decisions was not found. Also, the changes in inclination angle during treatment were not a predictor for increases in canine crown length and a weak predictor for increases in incisor crown length. The determination coefficients—used as a measure of certainty to indicate the quality of the regression model—were extremely low for both canines and incisors. Thus, it was concluded that nei-

längendifferenz (von Anfang bis zum Abschluss) untersucht (**Tab. 6**). Erwähnenswert ist die Tatsache, dass von den Variablen im Anfangsbefund keine einzige Variable existierte, die mit der Kronenverlängerung der Eckzähne assoziiert war. Somit konnte aus keiner kephalometrischen Variablen im Anfangsbefund eine Beziehung zur Entwicklung von Kronenverlängerungen im Eckzahnbereich gefolgert werden. Die Kronenlängendifferenz bei den Frontzähnen korrelierte mit dem Inklinationwinkel α schwach, jedoch signifikant ($p=0,027$). Die symphyseale Breite wies zudem eine negative, schwache Korrelation mit der Verlängerung der Frontzahnkronen auf ($p=0,004$).

Regressionsanalyse

In einem letzten Schritt wurde der Einfluss der behandlungsbedingten Änderungen auf die Rezessionsentwicklung untersucht. Die Variablen, welche während der Behandlung beeinflusst werden können, wurden als Prädiktoren für Rezessionen in Regressionsmodellen nachgeprüft (**Tab. 7**). Dabei wurde sowohl ein multiples Regressionsmodell erstellt, welches den Einfluss des Therapieentscheides und der Veränderung (während der Behandlung) des Inklinationswinkels und der symphysealen Aspekte erkundete, als auch ein vereinfachtes Modell, welches nur den Einfluss des Therapieentscheides und der Veränderung des Inklinationswinkels erforschte. Obwohl einzelne dentale Variablen einen signifikanten Einfluss auf die Veränderungen der Kronenlängen zu haben schienen, übte

Tab. 6 Spearman's rho test for correlations of pretreatment variables with crown-length increases.**Tab. 6** Korrelationstest nach Spearman-Rho: Beziehung verschiedener Variablen im Anfangsbefund zur Zunahme der Kronenlänge (von Anfang bis Retention).

| | Crown-length increases from the pretreatment to the final casts | | | | | | | |
|----------------|---|-------------|---------|------|----------|-------------|---------|--------------|
| | Canines | | | | Incisors | | | |
| Angle α | n=98 | rho: 0.010 | p=0.926 | n.s. | n=196 | rho: 0.158 | p=0.027 | ^a |
| Distance D1 | n=98 | rho: 0.165 | p=0.105 | n.s. | n=196 | rho: 0.018 | p=0.798 | n.s. |
| Distance D2 | n=98 | rho: 0.160 | p=0.115 | n.s. | n=196 | rho: 0.074 | p=0.302 | n.s. |
| Distance D3 | n=98 | rho: 0.111 | p=0.277 | n.s. | n=196 | rho: 0.013 | p=0.854 | n.s. |
| Distance D4 | n=98 | rho: -0.116 | p=0.257 | n.s. | n=196 | rho: -0.205 | p=0.004 | ^b |

^aCorrelation is significant at the 0.05 level (two-tailed) ^bCorrelation is highly significant at the 0.01 level (two-tailed)

Tab. 7 Regression models to identify potential predictors for crown-length increases.**Tab. 7** Regressionsmodelle für die Eruerung potentieller Prädiktoren für die Zunahme der Eck- und Frontzähnlängen.

| | Crown-length increases (baseline to retention) | | | | | | | |
|------------------|--|------------|----------|--------------|------------|---------|--------------|--|
| | Canines | | | | Incisors | | | |
| Regression model | Constant | RC: 0.449 | p=0.171 | n.s. | RC: 0.606 | p=0.000 | ^c | |
| | Treatment decision ^a | RC: 0.534 | pv=0.168 | n.s. | RC: -0.269 | p=0.179 | n.s. | |
| | Angle α | RC: 0.295 | p=0.071 | n.s. | RC: 0.188 | p=0.026 | ^b | |
| | Distance D1 | RC: 0.611 | p=0.144 | n.s. | RC: 0.495 | p=0.022 | ^b | |
| | Distance D2 | RC: -0.305 | p=0.039 | ^b | RC: -0.057 | p=0.449 | n.s. | |
| | Distance D3 | RC: -0.619 | p=0.119 | n.s. | RC: -0.358 | p=0.081 | n.s. | |
| | Distance D4 | RC: 1.201 | p=0.015 | ^b | RC: 0.781 | p=0.002 | ^c | |
| | R ² | 0.223 | | 0.117 | | | | |
| Simplified model | Constant | RC: 1.030 | p=0.000 | ^c | RC: 0.343 | p=0.004 | ^c | |
| | Treatment decision ^a | RC: 0.023 | p=0.934 | n.s. | RC: 0.109 | p=0.552 | n.s. | |
| | Angle α | RC: 0.022 | p=0.267 | n.s. | RC: 0.027 | p=0.049 | ^b | |
| | R ² | 0.016 | | 0.042 | | | | |

RC regression coefficient ^aTreatment decision = extraction versus non-extraction group ^bCorrelation is significant at the 0.05 level (two-tailed) ^cCorrelation is highly significant at the 0.01 level (two-tailed)

ther of the regression models was able to predict the crown-length increases.

Discussion

Reproducibility

Our interpretation of the intraclass correlation coefficients (ICCs) obtained for the cephalometric and cast-based measurements indicate that these measurements were dependably repeatable and the data highly reproducible. This finding is a key prerequisite for the statistical analyses and the discussions that follow.

Baseline data of the two treatment groups

The patients analyzed in this retrospective study had been orthodontically treated for mandibular anterior crowding that was precisely defined. Two basic treatment concepts were compared: one involving extraction of premolars and the other one no extraction of teeth. To obtain interpretable results, it was essential to standardize specific parameters and make sure

der Behandlungsentscheid keinen Einfluss auf die Veränderung der Kronenlänge aus. Auch die Veränderung des Inklinationwinkels während der Behandlung war kein zulässiger Prädiktor für eine Zunahme der klinischen Kronenlänge bei Eckzähnen und nur ein schwacher Prädiktor für eine Zunahme der klinischen Kronenlänge der Frontzähne. Der Determinationskoeffizient, der als Bestimmtheitsmaß die Güte des Regressionsmodells ermittelte, fiel bei den Eckzähnen und auch in der Front äußerst niedrig aus. Somit musste gefolgert werden, dass sich die Zahnkronenverlängerungen nicht durch die erstellten Regressionsmodelle erklären lassen.

Diskussion

Reproduzierbarkeit

Die Interpretation der ICC-Werte der erhobenen Kephalemtrie- und Gipsmodellmessungen lässt auf eine zuverlässige Wiederholbarkeit der Messungen und hohe Reproduzierbarkeit der Daten schließen. Diese Erkenntnis ist eine Grundvor-

that they were comparable in the two groups, so they could be ruled out as potential modifiers. First, we ascertained that the pretreatment situations in the two groups involved no significant differences in dental-arch crowding, as the magnitude of crowding will inevitably affect the extent of tooth movement. Another standardization requirement was the presence of a permanent dentition extending to the first molars in all patients. Also ruled out was a significant age difference between the two groups during retention (i.e., at the time of final record-taking), considering that the prevalence of recessions has been demonstrated to increase with age [19, 22, 24].

Furthermore, given the need for an adequately long observation period to assess long-term effects of gingival recession [19], a significant difference in the durations of retention that the patients in either group had undergone were excluded. The minimum requirement was 3 years, based on scientific evidence that any treatment-related recessions will take no longer than that to become established [2]. The mean retention time was approximately 7 years in the two groups, which was not significantly different. In accordance with the results of a systematic review [14], we did observe a significant intergroup difference between the durations of active treatment, which was more than half a year longer in the extraction than in the non-extraction group.

Changes in clinical crown length

In both treatment groups, the lower incisors and canines were generally found to undergo slight increases in crown length from the pretreatment to the final records. This was the case even though the crowns of the incisors were, on average, shorter upon debonding than initially, although this kind of result should be interpreted with great caution, considering the presence of gingivitis caused and perpetuated by fixed orthodontic appliances in the immediate wake of active treatment [3]. Therefore, we excluded the clinical crown lengths upon debonding from our explorative data analysis. What remains an interesting unanswered question is what difference transient gingivitis, as induced by fixed orthodontic appliances, may have on long-term gingival recession. Since periodontal modifiers were, however, not addressed in the present study, this question remains moot based on the available evidence.

Occlusal abrasion was another potential contributor to the differences in clinical crown length observed both upon debonding and on the final casts during retention. This effect may be especially pronounced with teeth bonded to a fixed retainer [11]. It is unlikely to have played a major role in our group comparison, since both groups were equally affected and kept in retention for equal amounts of time. Within groups, however, any occlusal abrasion that may have taken place between the initial and the final situations could have made a difference. This would imply that the noted increases in crown length have to be interpreted as the minimum amount of recession.

In the two groups, the mean increases in canine and incisor crown length were very small and therefore—as postulated by Joss-Vassalli et al. [10]—hardly of clinical relevance. Interesting

aussetzung für die folgenden statistischen Auswertungen und Ausführungen.

Ausgangsdaten beider Gruppen

Die vorliegende retrospektive Studie evaluierte Patienten, die wegen eines genau normierten moderaten Engstands in der Unterkieferfront kieferorthopädisch behandelt worden waren. Mit der Extraktions- und der Nichtextraktionstherapie wurden 2 verschiedene Behandlungsansätze miteinander verglichen. Um interpretierbare Resultate zu erhalten, ist es von elementarer Wichtigkeit, dass gewisse Parameter normiert werden und in beiden Gruppen gleich ausfallen, damit diese als beeinflussende Variablen ausgeschlossen werden können. So wurde als Erstes nachgewiesen, dass kein signifikanter Unterschied im Anfangsbefund in Bezug auf Zahnbogenengstand vorlag, da das Ausmaß des Engstandes unweigerlich das dentale Bewegungsausmaß beeinflusst. Als standardisierende Maßnahme wurde auch eine vorliegende bleibende Dentition (bis zum ersten Molaren) als Einschlusskriterium vorausgesetzt. Weiter galt es zu gewährleisten, dass zum Zeitpunkt der Abschlussunterlagen das durchschnittliche Alter beider Gruppen nicht signifikant unterschiedlich war, denn mit zunehmendem Alter steigt nachweislich die Prävalenz von Rezessionen [19, 22, 24].

Um Langzeitfolgen wie Rezessionen untersuchen zu können, bedarf es einer genügend langen Beobachtungszeit [19]. Als weiteres Kriterium durfte darum die Retentionszeit beider Gruppen nicht signifikant unterschiedlich sein. Eine Retentionszeit von mindestens 3 Jahren wurde gewählt, da gemäß wissenschaftlicher Evidenz allfällige behandlungsassoziierte Rezessionen sich spätestens nach 3 Jahren etabliert haben [2]. In beiden Gruppen betrug die durchschnittliche Retentionszeit etwa 7 Jahre, wobei kein signifikanter Unterschied in der Retentionsdauer festgestellt werden konnte. Im Hinblick auf die Dauer der aktiven Behandlung unterschieden sich die Extraktions- und Nichtextraktionsgruppe jedoch signifikant voneinander. Diese Beobachtung stimmt überein sich mit der Erkenntnis einer systematischen Übersichtsarbeit [14]. Patienten, deren Engstand mithilfe von Prämolarenextraktionen behoben wurde, wurden im Durchschnitt mehr als ein halbes Jahr länger aktiv behandelt.

Veränderungen der klinischen Kronenlänge

In der Extraktions- und der Nichtextraktionsgruppe nahm die Kronenlänge der Unterkieferfrontzähne und -eckzähne zwischen Anfang und den Abschluss-Unterlagen in der Regel leicht zu – dies, obwohl die Frontzähne beider Gruppen nach der aktiven Behandlung eine durchschnittlich kürzere klinische Kronenlänge aufwiesen als am Anfang. Beobachtete Veränderungen von Kronenlängen bei Behandlungsende müssen jedoch mit großer Zurückhaltung interpretiert werden, da unmittelbar nach der aktiven Behandlung eine Gingivitis vorliegt, die durch die kieferorthopädische festsitzende Apparatur verursacht und unterhalten wird [3]. Deshalb wurde die klinische Länge der Zahnkronen bei Debond nicht in die explora-

findings in this context were the more than twice as large mean increases in crown length for the canines than for the incisors in both groups and the larger final variance of canine crown lengths in the extraction group. The very fact of teeth having been removed might explain this variance, but there is also a chance that the sample in the extraction group may have been more heterogeneous, thus, inevitably resulting in a larger variance upon cross comparison. As to the five outliers in the crown-length data, it should be noted that these represented just two patients who had increased crown lengths of both the canines and the incisors from the very outset.

Data analysis and correlations

Since the crown-length increases were not associated with the extraction/non-extraction treatment decisions, this decision cannot in itself be considered an etiological factor for gingival recession. This insight is consistent with the results of many other studies proposing that recessions may be caused by orthodontic treatment of moderate crowding in the anterior mandible [1, 4, 7, 15, 18]. That said, it should be added that some study groups have recently postulated that recessions might arise from the very fact of orthodontic treatment and retention having been performed, irrespective of how exten-

sive Datenanalyse miteinbezogen. Interessant bleibt die Frage, ob und zu welchem Ausmaß die transitorische Gingivitis, die durch eine festsitzende kieferorthopädische Apparatur induziert werden kann, einen Langzeiteinfluss auf Rezessionen hat. Da in dieser vorliegenden Arbeit parodontale Einflussfaktoren nicht untersucht wurden, muss eine Antwort auf diese Frage aufgrund der bestehenden Datenlage versagt bleiben.

Ein weiterer Faktor, der beobachtete Differenzen von klinischen Kronenlängen mitbeeinflussen kann (dies sowohl bei De-bonding als auch im Abschluss), ist die okklusale Abrasion der Zähne. Dieses Phänomen kann besonders ausgeprägt sein, wenn Zähne an einen festsitzenden Retainer geklebt werden [11]. Da jedoch beide Gruppen gleichermaßen betroffen waren und beide gleich lange retiniert wurden, dürfte dieser Aspekt im Vergleich der Gruppen keinen wesentlichen Einfluss ausgeübt haben. Innerhalb einer Gruppe könnte jedoch die okklusale Abrasion, die zwischen dem Anfangsbefund und den Retentionsunterlagen erfolgt wäre, eine gewisse Rolle gespielt haben. Folgerichtig müssten die konstatierten Längenzunahmen der Zahnkronen so interpretiert werden, dass diese das Minimum an Rezession darstellen.

Die Zunahme der klinischen Kronenlänge in beiden Gruppen zwischen Anfang und Abschluss war bei den Front- und

Hier steht eine Anzeige.

sive these measures were [20]. One essential result of our study is that extracting teeth to treat moderate crowding will greatly influence the ultimate topographic position of the lower incisors. Both the inclination angle α and most symphyseal parameters (D1, D2, D3) were significantly modified by these decisions (Tab. 5). Thus we may conclude that, depending on whether or not teeth are removed, a significantly different location of the incisors should be expected by the end of treatment. Yet the same treatment decision seems to make a difference neither to symphyseal width (D4) nor to the recession outcomes. As indicated in the Results section, none of the pretreatment findings were found to correlate with canine crown lengthening (Tab. 6, left column). The same test revealed a positive correlation of the inclination angle (α) and a negative correlation of the total symphyseal width (D4) with incisor crown lengthening and, hence, with the recession tendency on the incisors (Tab. 6, right column). In other words, the more protruded the pretreatment positions of the incisors are and the thinner the symphysis is, the more we should expect that the clinical crown length of the incisors will increase over time.

To investigate the predictiveness of the (extraction versus non-extraction) treatment decision for recession formation alongside variables that are subject to change during treatment, we summarized all those variables as predictors in a regression model (Tab. 7). Although some of these predictors did reach statistical significance, the determination coefficient obtained for the model confirmed that its quality was too low to fully predict the observed canine and incisor crown lengthening based on the variables considered in the present study. Assuming that predictors for recession actually do exist, further studies would be needed to identify these currently unknown variables. Possibly, however, the etiology of orthodontically induced recession may be multifactorial and not sufficiently accessible to correlations and regression models, as supported by the fact that the extraction/non-extraction treatment decision was not a significant modifier of incisor or canine crown-length increases even in our simplified regression model. Hence, the null hypothesis cannot be rejected.

Some methodological weaknesses should be mentioned. Since all measurements were performed by a single investigator, an interrater comparison was not an option. Our sample size was adequate but still might be criticized as rather small. The retrospective design did not allow for an assessment of self-performed oral hygiene and occlusal abrasion. More generally speaking, retrospective studies can be used to create and review hypotheses, but they cannot offer high-level evidence or furnish ultimate proof of causal relationships. A prospective study, on the other hand, while preferable for the reasons just outlined, would be very difficult to execute with a similarly long follow-up and would have shortcomings of its own (e.g., increased risk of drop-outs).

Finally, it is necessary to highlight that all clinical measurements were performed on casts, which ignored some periodontal modifiers like gingival thickness or keratinized tissue width. Thus, not all multifactorial modifiers involved were investigated

Eckzähnen im Durchschnitt nur sehr gering und darum, wie auch schon von Joss-Vassalli et al. [10] postuliert, kaum von klinischer Bedeutung. Interessant sind die Beobachtungen, dass die Kronenlängenzunahme in beiden Gruppen bei den Eckzähnen durchschnittlich mehr als doppelt so stark ausfiel wie bei den Frontzähnen und dass die Extraktionsgruppe eine größere Varianz bezüglich der Kronenlänge der Eckzähne entwickelte. Eine mögliche Ursache dieser Varianz ist eventuell in der Extraktionstherapie selbst zu suchen. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Extraktionsgruppe im Quervergleich ein heterogeneres Sample miteinschloss, welches unweigerlich zu mehr Varianz führte. Bezüglich der 5 Ausreißer in den Kronenlängenmessungen gilt es zu erwähnen, dass diese von nur 2 Patienten stammten, die schon im Anfangsbefund vergrößerte Zahnlangen aufwiesen, sowohl bei den Eckzähnen als auch bei den Frontzähnen.

Datenanalyse und Korrelationen

Da die Längenzunahme der klinischen Kronen nicht mit dem Therapieentscheid (Ex vs. non-Ex) assoziiert war, kann der Extraktionsentscheid nicht als ätiologischer Faktor für Rezessionen gelten. Diese Erkenntnis deckt sich mit vielen anderen Forschungsarbeiten, die infrage stellen, dass Rezessionen durch kieferorthopädische Behandlungen eines moderaten Engstandes in der Unterkieferfront hervorgerufen werden können [1, 4, 7, 15, 18]. Es muss jedoch ergänzt werden, dass in jüngerer Zeit von gewissen Forschungsgruppen die These postuliert wurde, dass allein die Tatsache, kieferorthopädisch behandelt und retiniert worden zu sein, unabhängig vom Behandlungsumfang zu Rezessionen führen kann [20]. Eine wesentliche Erkenntnis aus den vorliegenden Resultaten ist, dass bei moderatem Engstand die topografische Lage der Unterkieferfront durch die Therapiewahl (Ex/non-Ex) massiv beeinflusst wird: Der Inklinationswinkel α und die symphysealen Messwerte D1, D2 und D3 wurden signifikant durch den Therapieentscheid verändert (Tab. 5). Daraus kann gefolgert werden, dass die Frontzähne in Abhängigkeit der Therapiewahl am Ende der Behandlung an einem signifikant anderen Ort stehen. Trotzdem scheint dies für die Rezessionsentwicklung nicht relevant zu sein. Schlussendlich hatte die gewählte Therapie keinen Einfluss auf die symphyseale Breite (D4).

Es wurde schon in den Resultaten darauf hingewiesen, dass von den Variablen im Anfangsbefund keine existiert, welche mit der Kronenverlängerung der Eckzähne assoziiert war (Tab. 6, linke Spalte). Der Korrelationstest bei den Frontzähnen weist auf eine Assoziation zwischen der Rezessionstendenz und dem Inklinationswinkel sowie der absoluten Symphysenbreite (D4) hin, wobei Letztere negativ korreliert ist (Tab. 6, rechte Spalte). Je protrusiver die Frontzähne im Anfangsbefund sind und je dünner die Symphyse ist, desto mehr muss damit gerechnet werden, dass sich die klinischen Kronen der Frontzähne über die Zeit verlängern werden.

Um den Einfluss des Therapieentscheides zusammen mit den behandlungsbedingten Änderungen auf die Rezessionsentwicklung untersuchen zu können, wurden die Variablen als Prä-

in this study. Nevertheless, there is justification in reporting cast-based measurements, as they can be compared to results across other studies. Moreover, all of the above limitations cannot change the quintessential finding of this study that, in defined cases of moderate crowding, extraction versus non-extraction treatment decisions do not make a difference to the clinical outcomes in terms of labial gingival recession.

Conclusions

- With no difference in pretreatment mandibular anterior crowding, extraction therapies took approximately 250 days longer than non-extraction therapies.
- There are noticeable increases in clinical crown length of the incisors and canines during the retention period, although this lengthening is not statistically significant.
- The decision whether to extract or not does not seem to be an independent etiological factor for gingival recession.
- Canines appear to be more susceptible to gingival recession than incisors.
- The decision whether to extract or not greatly affects the topographic position of the lower incisors.
- No reliable predictors for recession were identified (despite correlations of recession on incisors with pretreatment findings of symphyseal width and inclination angle).

Compliance with ethical guidelines

Conflict of interest. Nicolas M. Villard and Raphael Patcas state that there are no conflicts of interest.

The accompanying manuscript does not include studies on humans or animals

References

1. Artun J, Grobety D (2001) Periodontal status of mandibular incisors after pronounced orthodontic advancement during adolescence: a follow-up evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119:2–10
2. Artun J, Krogstad O (1987) Periodontal status of mandibular incisors following excessive proclination. A study in adults with surgically treated mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91:225–232
3. Artun J, Spadafora AT, Shapiro PA (1997) A 3-year follow-up study of various types of orthodontic canine-to-canine retainers. *Eur J Orthod* 19:501–509
4. Aziz T, Flores-Mir C (2011) A systematic review of the association between appliance-induced labial movement of mandibular incisors and gingival recession. *Aust Orthod J* 27:33–39
5. Cruz A de la, Sampson P, Little RM et al (1995) Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107:518–530
6. Diedrich P (1995) Problems and risks in the movement of the mandibular anterior teeth. *Fortschr Kieferorthop* 56:148–156
7. Djeu G, Hayes C, Zawaideh S (2002) Correlation between mandibular central incisor proclination and gingival recession during fixed appliance therapy. *Angle Orthod* 72:238–245
8. Jonsson T, Arnlauugsson S, Saemundsson SR et al (2009) Development of occlusal traits and dental arch space from adolescence to adulthood: a 25-year follow-up study of 245 untreated subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 135:456–462
9. Jonsson T, Magnusson TE (2010) Crowding and spacing in the dental arches: long-term development in treated and untreated subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138:384 e1–7 (discussion 384–386)
10. Joss-Vassalli I, Grebenstein C, Topouzelis N et al (2010) Orthodontic therapy and gingival recession: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* 13:127–141

diktoren in einem Regressionsmodell zusammengefasst (Tab. 7). Obwohl gewisse Prädiktoren die statistische Signifikanz erreichen, bestätigt der erhaltene Determinationskoeffizient, dass die Güte des Regressionsmodells zu gering ist, um die Veränderungen der Eckzahn- und Frontzahn-Kronenlänge mit den in der vorliegenden Studie untersuchten Variablen vollständig zu erklären. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass tatsächlich Prädiktoren für Rezessionstendenzen existieren, wären weitere Studien nötig, um diese noch unbekanntes Variablen zu eruieren. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die kieferorthopädisch induzierte Rezessionsbildung eine multifaktorielle Ätiologie aufweist und somit mit Korrelationen und Regressionsmodellen nur unbefriedigend nachgekommen werden kann. Denn selbst in einem vereinfachten Regressionsmodell hat der Behandlungsentscheid (Ex/non-Ex) keinen signifikanten Einfluss auf die Zunahme der Front- und Eckzahn-Kronenlänge. Somit kann die Nullhypothese nicht widerlegt werden.

Gewisse methodologische Schwächen sind zu erwähnen. Einerseits sind alle Messungen von einer Person vorgenommen worden, sodass ein interindividueller Vergleich versagt bleibt. Andererseits kann die Gruppengröße, wenn auch ausreichend, doch als eher klein bemängelt werden. Zudem wurden in dieser retrospektiven Studie die Mundhygiene des Patienten und das Ausmaß der okklusalen Abrasionen nicht evaluiert. Allgemein gilt es zudem noch zu bedenken, dass retrospektive Studien nur zur Erstellung und Überprüfung von Hypothesen dienen können, keine Beweise liefern können und einen Kausalzusammenhang nicht endgültig klären können. Obwohl aus diesen Gründen eine prospektive Untersuchung zu favorisieren ist, ist Letztere bei solch langer Beobachtungszeit kaum durchführbar und mit eigenen Mängeln behaftet (erhöhtes Drop-out-Risiko).

Zuletzt muss auch noch hervorgehoben werden, dass alle klinischen Messungen an Gipsmodellen ausgeführt wurden und somit einige parodontale Einflussvariablen nicht berücksichtigt wurden (z. B. Dicke der Gingiva, Breite der keratinisierten Gingiva, etc.), wobei dadurch nur ein Teil der multifaktoriellen Einflussfaktoren untersucht wurde. Trotz dieser Einschränkung stellen Gipsmodellmessungen eine berechnete Vermessungsmethode dar, da erst durch sie der Quervergleich mit anderen Studien ermöglicht wird.

Doch trotz dieser Limitationen lässt sich die grundlegende Erkenntnis aufrechterhalten, dass der Extraktionsentscheid bei normierten moderaten Engständen in der Unterkieferfront keinen Einfluss hat auf labiale Gingivarezessionen.

Schlussfolgerungen

- Bei gleichem Engstand ist die Extraktionstherapie mit etwa 250 zusätzlichen Behandlungstagen signifikant länger.
- Während der Retention verlängern sich die klinischen Kronen der Front- und Eckzähne, allerdings nicht signifikant.
- Der Extraktionsentscheid allein scheint kein ätiologischer Faktor für Rezessionen zu sein.
- Die Eckzähne scheinen vulnerabler für Rezessionen zu sein als Frontzähne.

11. Kuijpers MA, Kiliaridis S, Renkema A et al (2009) Anterior tooth wear and retention type until 5 years after orthodontic treatment. *Acta Odontol Scand* 67:176–181
12. Little RM (1975) The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod* 68:554–563
13. Livas C, Jongasma AC, Ren Y (2013) Enamel reduction techniques in orthodontics: a literature review. *Open Dent J* 7:146–151
14. Mavreas D, Athanasiou AE (2008) Factors affecting the duration of orthodontic treatment: a systematic review. *Eur J Orthod* 30:386–395
15. Melsen B, Allais D (2005) Factors of importance for the development of dehiscences during labial movement of mandibular incisors: a retrospective study of adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 127:552–561 (quiz 625)
16. Patcas R (2010) Langzeitbetreuung nach kieferorthopädischer Behandlung. Wie viel Retention braucht die Unterkieferfront? *Zahnarzt Praxis* 6:9–12
17. Proffit WR, Fields HW, Moray LJ Jr (1998) Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 13:97–106
18. Renkema AM, Fudalej PS, Renkema A et al (2013) Gingival recessions and the change of inclination of mandibular incisors during orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 35:249–255
19. Renkema AM, Fudalej PS, Renkema A et al (2013) Development of labial gingival recessions in orthodontically treated patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 143:206–212
20. Renkema AM, Fudalej PS, Renkema AA et al (2013) Gingival labial recessions in orthodontically treated and untreated individuals: a case–control study. *J Clin Periodontol* 40:631–637
21. Slutzkey S, Levin L (2008) Gingival recession in young adults: occurrence, severity, and relationship to past orthodontic treatment and oral piercing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 134:652–656
22. Thomson WM, Broadbent JM, Poulton R et al (2006) Changes in periodontal disease experience from 26 to 32 years of age in a birth cohort. *J Periodontol* 77:947–954
23. Vasconcelos G, Kjellens K, Preus H et al (2012) Prevalence and severity of vestibular recession in mandibular incisors after orthodontic treatment. *Angle Orthod* 82:42–47
24. Vehkalahti M (1989) Occurrence of gingival recession in adults. *J Periodontol* 60:599–603
25. Wennstrom JL (1996) Mucogingival considerations in orthodontic treatment. *Semin Orthod* 2:46–54
26. Wennstrom JL, Lindhe J, Sinclair F et al (1987) Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. *J Clin Periodontol* 14:121–129

- Die topographische Lage der Unterkieferfrontzähne wird durch den Extraktionsentscheid stark beeinflusst.
- Obwohl die Symphysenbreite und der Inklinationswinkel im Anfangsbefund mit der Rezessionsentwicklung bei Frontzähnen korrelieren, konnten keine verlässlichen Prädiktoren für Rezessionen ausfindig gemacht werden.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Nicolas M. Villard und Raphael Patcas geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Correspondence Address

Dr. Raphael Patcas Ph.D.
 Department of Orthodontics and Pediatric
 Dentistry, Center of Dental Medicine,
 University of Zurich
 Plattenstr. 11, 8032 Zurich
 Switzerland
 raphael.patcas@zsm.uzh.ch