

Retrospective investigation of gingival invaginations Part I: Clinical findings and presentation of a coding system

Retrospektive Untersuchung der Gingivaduplikatur Teil I: Klinische Befunde und Vorstellung einer Kodierung

Christoph Reichert^{1*}, Lina Gözl^{1*}, Cornelius Dirk², Andreas Jäger¹

Abstract

Many orthodontic treatments involve tooth extraction. Gingival invagination is a common side effect after orthodontic extraction space closure leading to compromised oral hygiene and the space closure being hampered. Even the long-term stability of the orthodontic treatment result may be jeopardized. The aim of this study was to identify risk factors for the development of gingival invagination and possible implications on oral health and orthodontic treatment results.

A total of 30 patients presenting 101 tooth extractions and subsequent orthodontic space closure were investigated to detect the presence of gingival invagination. The time required until active space closure, the thoroughness of space closure, and probing depths mesial and distal to the extraction site in addition to age, gender and the Periodontal Screening Index were investigated. A new coding system to describe the extent of gingival invagination is introduced for the first time here.

Gingival invagination developed more frequently in the lower jaw (50%) than the upper (30%). Complete penetration occurred in the upper jaw in 6% of the patients and in the lower jaw in 25%. All patients without gingival invagination revealed complete space closure, whereas only 70% in the group with gingival invagination did so. The time until initiation of space closure took significantly longer in patients with gingival invagination (7.5 ± 1.4 months) than in patients without (3.3 ± 0.8 months). Probing depths of the adjacent teeth were significantly greater in regions with invaginations.

Thus, the time required until space closure was initiated and the extraction site are important risk factors for the development of gingival invagination. The consequences of gingival invagination are instable space closure and deeper probing depths mesial and distal to the extractions. However, no statements concerning the mid- to long-term effects on oral health can be made.

Zusammenfassung

Die Zahnentfernung ist ein fester Bestandteil in vielen kieferorthopädischen Therapiekonzepten. Nach dem kieferorthopädischen Lückenschluss ist die Ausbildung einer Gingivaduplikatur eine häufige Nebenwirkung, welche die Mundhygiene und den Lückenschluss erschwert sowie die Stabilität des Behandlungsergebnisses gefährden kann. Ziel der Arbeit war es, Risikofaktoren für die Entstehung einer Gingivaduplikatur zu identifizieren und deren Auswirkung auf die Mundgesundheit und die Stabilität des kieferorthopädischen Therapieergebnisses zu ermitteln.

In dieser Untersuchung wurden 30 Patienten mit 101 Zahnextraktionen und darauf folgendem Lückenschluss auf das Vorhandensein von Gingivaduplikaturen untersucht. Neben Alter, Geschlecht und PSI (parodontaler Screening Index) wurden der Zeitraum bis zum aktiven Lückenschluss, die Vollständigkeit des Lückenschlusses und Sondierungstiefen mesial und distal der Extraktionsareale erhoben. Zur Beschreibung der Gingivaduplikatur wurde ein neues Kodierungsverfahren etabliert und erstmals eingesetzt. Gingivaduplikaturen traten signifikant häufiger im Unterkiefer (50%) als im Oberkiefer (30%) auf. Die komplette Sondierbarkeit lag im Oberkiefer bei 6%, im Unterkiefer bei 25%. Ein kompletter Lückenschluss lag in 100% der Fälle ohne Gingivaduplikatur, aber nur in 70% der Fälle mit Gingivaduplikatur vor. Durchschnittlich verging signifikant mehr Zeit in den Fällen mit Gingivaduplikatur ($7,5 \pm 1,4$ Monate) als in Fällen ohne Duplikatur ($3,3 \pm 0,8$ Monate), bis der Lückenschluss eingeleitet wurde. Die Sondierungstiefen der Nachbarzähne waren bei den Regionen mit Gingivaduplikaturen deutlich erhöht.

Festgestellt werden konnte, dass die Zeit bis zum aktiven Lückenschluss und die Lokalisation der Extraktion wichtige Risikofaktoren für die Entstehung einer Gingivaduplikatur darstellen. Folgen

* **Christoph Reichert and Lina Gözl contributed equally to this study.**

Parts of this paper were presented at the 84th annual DGFKO (Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie – German Orthodontics Society) conference in Dresden.

¹ Polyclinic for Orthodontics, University of Bonn, Germany

² Oral Medicine Technology and Laboratory for Experimental Orthodontics, University of Bonn, Germany

Received: 2 December 2011; accepted: 2 February 2012;
published online: July 11, 2012

J Orofac Orthop 2012; 73:307-316
DOI 10.1007/s00056-012-0082-3

Keywords

Space closure · Tooth extraction · Retrospective study · Probing depth

Introduction

Despite all the discussion about the orthodontic indications for tooth extraction, many treatment concepts still involve tooth removal. Approximately 10–15% of all treatments currently involve tooth extraction [12]. Gingival invagination often occurs after orthodontic space closure (Figure 1a). According to the definition by Robertson et al. [16], gingival invagination is a linear invagination of the interproximal tissue with mesial and distal orientation and a probing depth of at least 1 mm, or at least 2 mm according to Rivera Circuns and Tulloch [15]. Its prevalence ranges from 35 [16] to 100% [15]. Gingival invagination has not been very thoroughly investigated on a scientific level [6]. This is surprising, considering how relatively frequent this side effect of orthodontic treatment is, how easily it lends itself to investigation, and that it is frequently a problem during treatment. For example, a complicated space closure or a re-opening (Figure 1b, [5, 10, 16]), a reduction in interdental bone level [18], subclinical gingivitis [5, 7], and compromised oral hygiene have been described in association with gingival invagination.

In this first of a series of articles, a standardized model for describing gingival invaginations is presented. This should facilitate scientific documentation and enhance communication with other specialist disciplines in dentistry. Furthermore, general dental and orthodontic findings are discussed.

Material and methods

After a statistical power analysis based on data from Rivera Circuns and Tullochs [15], 30 consecutive patients from the Polyclinic for Orthodontics in Bonn were investigated involving a total of 101 extraction sites. The following inclusion criteria were used:

- extraction or aplasia of teeth with subsequent orthodontic space closure,
- orthodontic treatment using a fixed appliance, and
- a fixed appliance had been removed at least 3 months prior to study enrollment.

The following exclusion criteria applied:

- denial of consent by the patients or their guardians,
- any orofacial syndrome, and
- serious systemic diseases with potential impairment of connective or bone tissue homeostasis.

Our study patients were recruited between December 2010 and August 2011. According to our study protocol, patients undergoing a routine general check-up were informed about

der Gingivaduplikatur sind ein instabiler Lückenschluss und erhöhte Sondierungstiefen mesial und distal der Extraktionen. Dennoch kann an dieser Stelle keine Aussagen über ihre mittel- bis langfristigen Folgen für die orale Gesundheit getroffen werden.

Schlüsselwörter

Lückenschluss · Zahnentfernung · Retrospektive Untersuchung · Sondierungstiefe

Einleitung

Die Zahnextraktion ist trotz aller Diskussion über die kieferorthopädischen Indikationen zur Zahnentfernung ein fester Bestandteil in vielen Therapiekonzepten. Die Häufigkeit der Zahnextraktionen liegt heute bei etwa 10–15% aller Behandlungen [12]. Nach dem kieferorthopädischen Lückenschluss ist vielfach die Ausbildung einer Gingivaduplikatur zu erkennen (Abbildung 1a). Nach der Definition von Robertson et al. [16] ist eine Gingivaduplikatur eine lineare Invagination des interproximalen Gewebes mit mesialer und distaler Ausrichtung sowie einer Sondierungstiefe von mindestens 1 mm, nach Rivera Circuns u. Tulloch [15] von mindestens 2 mm. Ihre Prävalenz rangiert zwischen 35 [16] und 100% [15]. Wissenschaftlich wurde die Gingivaduplikatur bis heute nur sehr unzureichend untersucht [6]. Dies ist verwunderlich, da dieser relativ häufige und einer Untersuchung gut zugängliche Nebeneffekt der kieferorthopädischen Therapie durchaus ein Problem bereits während der Behandlung darstellen kann. So wurden z. B. ein erschwerter oder instabiler Lückenschluss (Abbildung 1b; [5, 10, 16]), eine Reduktion des interdentalen Knochenlevels [18], eine subklinische Gingivitis [5, 7] und eine erschwerte Mundhygiene im Zusammenhang mit Gingivaduplikaturen beschrieben.

In diesem ersten Teil der Artikelserie wird zunächst ein standardisiertes Schema zur Beschreibung der Gingivaduplikatur vorgestellt, mit dem eine wissenschaftliche Dokumentation und die Kommunikation mit anderen Fachdisziplinen der Zahnheilkunde ermöglicht wird. Ferner werden allgemein Zahnmedizinische und kieferorthopädische Befunde besprochen.

Material und Methode

Nach einer statistischen Poweranalyse basierend auf Daten von Rivera Circuns u. Tullochs [15] wurden 30 konsekutive Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie Bonn mit insgesamt 101 Extraktionsarealen untersucht. Als Einschlusskriterien wurden festgelegt:

- Extraktion oder Nichtanlage von Zähnen mit darauf folgendem kieferorthopädischem Lückenschluss,
- kieferorthopädische Behandlung mittels festsitzender Apparatur und
- Entfernung der festsitzenden Apparatur vor mindestens drei Monaten.



Figure 1. **a** Example of a typical gingival invagination, occurring during orthodontic space closure. **b** Re-opening phenomenon after space closure and debonding. Permanent retention was necessary to achieve stability

Abbildung 1. **a** Beispiel einer typischen Gingivaduplikatur, die während des kieferorthopädischen Lückenschlusses auftrat. **b** Instabiler Lückenschluss nach erfolgtem Lückenschluss und Entfernung der Apparatur. Eine permanente Retention war erforderlich, um ein stabiles Ergebnis zu gewährleisten

the purpose of the study. Those who gave their consent to participate were clinically evaluated. Finally, the data were submitted for statistical analysis.

Clinical parameters compiled

Age, sex, and a Periodontal Screening Index (PSI) [9] were compiled for each patient. Moreover, the period until actual space closure, its completeness, the presence of gingival invagination(s), and probing depths mesial and distal to the extraction site were documented. If gingival invagination was present, its characteristics were noted in a coding system that we developed specifically for this purpose.

This study protocol was reviewed and authorized by our local ethics committee (No. 238/10).

Coding system for invaginations

In the preliminary stages, a coding system to describe gingival invagination from a more accurate topographical perspective was designed. To do justice to the complexity of the findings,

Als Ausschlusskriterien galten:

- Ablehnung der Untersuchung durch den Patienten oder seinen Erziehungsberechtigten
- orofaziale Syndrome
- schwerwiegende systemische Erkrankungen mit möglicher Beeinträchtigung der Binde- oder Knochengewebshomöostase

Die untersuchten Patienten wurden von 12/2010 bis 08/2011 rekrutiert. Der Prüfplan sah eine allgemeine Kontrolluntersuchung vor, in der die Patienten aufgenommen und über das Studienvorhaben aufgeklärt wurden. Nach Einverständnis in das Studienvorhaben erfolgte die klinische Evaluation. Im Anschluss wurden die erhobenen Daten statistisch ausgewertet.

Erhobene klinische Parameter

Für jeden Patienten wurden Alter, Geschlecht und der PSI (parodontaler Screening Index; [9]) erhoben. Darüber hinaus wurden der Zeitraum bis zum aktiven Lückenschluss, die Vollständigkeit des Lückenschlusses, das Vorhandensein einer Gingivaduplikatur sowie die Sondierungstiefen mesial und distal der Extraktionsareale dokumentiert. Beim Vorliegen einer Gingivaduplikatur wurde deren Ausprägung in ein eigens dafür entwickeltes Kodierungsschema übertragen.

Dieser Prüfplan wurde von der zuständigen Ethikkommission begutachtet und genehmigt (Nr. 238/10).

Kodierungsschema der Duplikatur

Im Vorfeld wurde ein Kodierungsschema zur genaueren topographischen Beschreibung der Gingivaduplikatur erarbeitet. Um der Komplexität des Befundes gerecht zu werden, erfolgte eine Sondierung über die gesamte Länge der Duplikatur mit einer Parodontalsonde mit Millimetermarkierung (Sonde Parodontometer Williams 17; Hu-Friede, Rotterdam, Niederlande). In vestibulärer und oraler Ausrichtung fand die Messung parallel, in vertikaler Ausrichtung im 90°-Winkel zur Okklusionsebene statt (Abbildung 1a, b). Der jeweils höchste Sondierungswert aller drei Messrichtungen wurde in einen Dreizahlenkode übertragen. Demnach ergab sich z. B. bei einer Sondierung von 3 mm vestibulär, 2 mm vertikal und 4 mm oral der Kode: 3-2-4. Eine komplette Sondierbarkeit in oro-/vestibulärer Richtung wurde mit einem x gekennzeichnet, notiert wurde nur die vertikale Sondierbarkeit (z. B. x4).

Um die Reproduzierbarkeit der Befunde zu gewährleisten und die Untersucher (LG, CR) aufeinander abzustimmen, wurde die Anwendung der Kodierung in einem Vorversuch getestet. Nach den ersten Messungen an drei Patienten lag der durchschnittliche Fehler bei 0,07 mm, sodass nach einer weiteren Überprüfung an fünf Patienten das Kodierungsschema definitiv für die Untersuchung zur Anwendung kam. Mit Hilfe dieser Kodierung ist es möglich, Gingivaduplikaturen miteinander zu vergleichen, Verläufe zu dokumentieren und eine Kommunikation mit anderen Fachdisziplinen zu gewährleisten. Jedoch wäre eine statistisch valide Vergleichbarkeit mit anderen klinischen Parametern (z. B. Alter, Geschlecht und

the entire depth of the invagination was examined using a periodontal probe with millimeter markings (Periodontometer from Williams 17; Hu-Friede, Rotterdam, The Netherlands).

The measurement was taken parallel to the occlusal plane in the vestibular and oral orientation and in the vertical direction at a 90° angle to the occlusal plane (Figure 1a, b). The maximum probe value from all three angles was noted in a three-figure code, e.g., probes of 3 mm in a vestibular orientation, 2 mm vertical, and 4 mm oral resulted in the code: 3-2-4. Complete penetration in the oro-/vestibular orientation was identified with an x and only the vertical penetration noted (e.g., x4).

To guarantee the feasibility of replicating the findings and to synchronize the examiners (LG, CR), the coding system was applied in a preliminary test. After initial measurements of three patients, the average error was 0.07 mm, and after the further examination of five patients the coding system was finally used for this investigation. This coding system enables us to compare gingival invaginations, document processes, and improve communication with other specialist disciplines. However, there would not be much point in a statistically valid comparison with other clinical parameters (e.g., age, sex, and PSI) using a mean value of the three individual values, since each probing depth would be granted too little weight with such an average. In other words, a score of 7-2-0, for example, would be clinically identical to a finding of 3-3-3. However, as individual probing depths can be an indicator for bone loss, this factor was also taken into account by taking the square of each value and showing the sum. Accordingly, the severity of the gingival invagination is defined by the parameter $LC^2 = (\text{probing depth, vestibular})^2 + (\text{probing depth, vertical})^2 + (\text{probing depth, oral})^2$, where LC is the level of certainty.

Statistical analysis

A percentage and averaging analyses, respectively, were carried out for the parameters "age," "PSI," "successful space closure," "unhindered penetration." To enable statistical analysis of gingival invagination penetrating the alveolar ridge, an average alveolar-ridge width of 10 mm distributed to the vestibular and oral side was assumed.

Moreover, the parameters "time until actual space closure," "degree of severity of the gingival invagination in the upper and lower jaws," "degree of severity in terms of treatment duration," "degree of severity according to the PSI," "probing depths mesial and distal to the extraction site," and "degree of severity related to age" were calculated as mean values (MW) and standard errors of the mean (SEM). Group differences were determined through single factor ANOVA and subsequent post hoc test according to Newman-Keuls or using the unpaired t-test according to Mann-Whitney with the computer program Prism 4.0® (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Differences with an error probability of $p < 0.05$ were regarded as statistically significant. Potential correlations were evaluated using the χ^2 test and a linear regression analysis.

PSI) mittels Bestimmung eines Mittelwertes aus den drei Einzelwerten nicht sinnvoll, da der einzelnen Sondierungstiefe durch eine solche Mittelung eine zu geringe Gewichtung zuffällt. Demnach wäre z. B. ein Befund 7-2-0 klinisch gleichzusetzen mit einem Befund 3-3-3. Da jedoch die einzelne Sondierungstiefe einen Indikator für den Verlust von Knochen darstellen kann, wurde im Weiteren diesem Faktor durch eine Quadratsummandarstellung Rechnung getragen. Dementsprechend wird der Schweregrad der Gingivaduplikatur durch den Parameter $LC^2 = (\text{Sondierungstiefe vestibulär})^2 + (\text{Sondierungstiefe vertikal})^2 + (\text{Sondierungstiefe oral})^2$ definiert.

Statistische Auswertung

Für die Parameter „Alter“, „Geschlecht“, „PSI“, „erfolgreicher Lückenschluss“, „durchgängige Sondierbarkeit“ erfolgte eine prozentuale bzw. mittelnde Auswertung. Um eine statistische Auswertung auch der durchgängigen Gingivaduplikaturen zu gewährleisten, wurde eine durchschnittliche Breite des Alveolarkamms von 10 mm angenommen und auf die vestibuläre und orale Seite aufgeteilt. Demnach erhielt der Kode x4, wobei das x entsprechend der Kodierung für die orovestibulär durchgängige Sondierbarkeit des Alveolarfortsatzes steht, für die statistische Analyse die Werte 5–4–5.

Des Weiteren wurden für die Parameter „Zeit bis zum aktiven Lückenschluss“, „Schweregrad der Gingivaduplikatur in Ober- und Unterkiefer“, „Schweregrad in Abhängigkeit zur Behandlungsdauer“, „Schweregrad in Abhängigkeit zu PSI“, „Sondierungstiefen mesial und distal der Extraktionsareale“ und „Schweregrad in Abhängigkeit zum Alter“ als Mittelwert (MW) und Standardfehler des Mittelwertes (SEM) errechnet. Gruppenunterschiede wurden durch einfaktoriellen ANOVA- und anschließenden Posthoc-Test nach Newman-Keuls bzw. mittels „unpaired t-test“ nach Mann-Whitney mit dem Computerprogramm Prism 4.0® (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) ermittelt. Differenzen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ galten als statistisch signifikant. Mögliche Zusammenhänge wurden mit Hilfe des χ^2 -Tests und einer linearen Regressionsanalyse evaluiert.

Ergebnisse

Eingang in die Auswertungen fanden die Daten von 30 Patienten. Von diesen wiesen 16 eine Gingivaduplikatur auf (53,3%). Das Durchschnittsalter beider Gruppen (mit und ohne Gingivaduplikatur) lag bei $21,5 \pm 1,8$ bzw. $19,8 \pm 1,5$ Jahren. Die Geschlechterverteilung der konsekutiv aufgenommenen Probanden zeigte einen höheren Frauenanteil (21 weiblich und neun männlich). Insgesamt wurden 101 Extraktionsareale untersucht. Die Verteilung der Zahnextraktionen kann Tabelle 1 entnommen werden. Von den 101 untersuchten Regionen zeigten 40 eine Gingivaduplikatur (39,6%). Bei den Extraktionsarealen im Oberkiefer entwickelte sich in 30% der Fälle (16 von 53) eine Gingivaduplikatur, im Unterkiefer dagegen in 50% (24 von 48; Abbildung 2a). Von diesen 101 Extraktionsarealen waren insgesamt drei Regionen mit Nichtanlagen bei

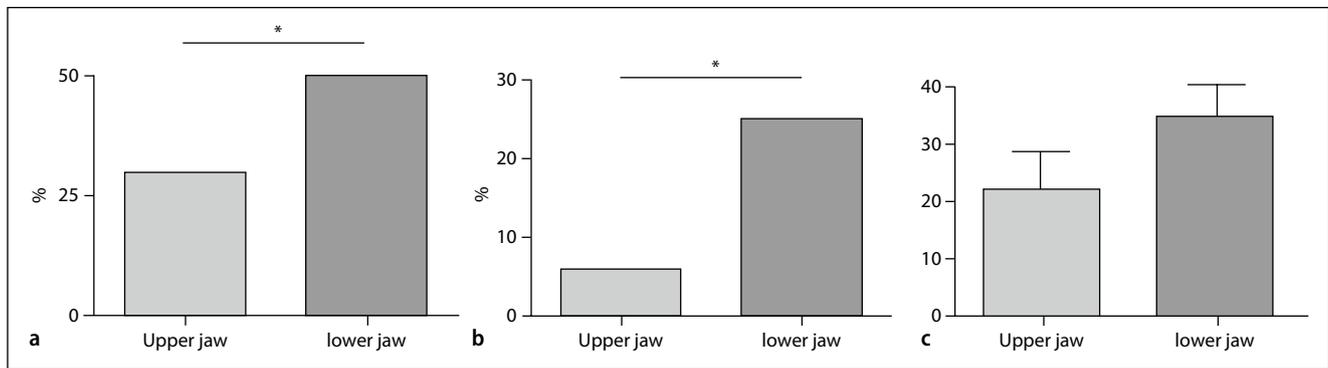


Figure 2. **a** Distribution of gingival invaginations in dependence of upper (30%) and lower jaw (50%) (* $p < 0.05$). **b** The ability of penetration of the gingival invaginations in dependence of the jaw. Upper jaw presented 6% and the lower jaw 25% (* $p < 0.05$). **c** Distribution of LC2 in dependence of upper (22.1 ± 6.7) and lower jaw (34.9 ± 5.4)

Abbildung 2. **a** Verteilung der Gingivaduplikaturen bezogen auf den Ober- (30%) und Unterkiefer (50%) (* $p < 0,05$). **b** Durchgängige Sondierbarkeit der Gingivaduplikatur bezogen auf den Kiefer. Im Oberkiefer waren die Duplikaturen in 6%, im Unterkiefer in 25% durchgängig sondierbar (* $p < 0,05$). **c** Verteilung des LC2 bezogen auf den Ober- ($22,1 \pm 6,7$) und Unterkiefer ($34,9 \pm 5,4$)

Results

The data of 30 patients were assessed in the final evaluations; 16 of them presented gingival invaginations (53.3%). The average age of both groups (with and without gingival invaginations) was 21.5 ± 1.8 and 19.8 ± 1.5 years, respectively. The gender distribution of the consecutively documented study participants showed a higher percentage of women (21 female and 9 male). A total of 101 extraction sites were investigated. Their distribution is illustrated in Table 1. Of the 101 sites investigated, 40 revealed gingival invagination (39.6%). Gingival invagination developed in 30% of the patients whose extraction sites were in the upper jaw (16 of 53), whereas in those whose invagination was in the lower jaw, it was 50% (24 of 48; Figure 2a). Of these 101 extraction sites, a total of three were observed with aplasia and persistent primary molars. Aplasia was distributed at a ratio of 1:2 for the group “without gingival invagination” as opposed to that “with gingival invagination” (Table 1). Overall, 89.2% of all patients presented complete space closure. Interestingly, the 12 sites with incomplete space closure were only diagnosable in areas revealing gingival invagination. Conversely, 30% of study participants with invagination presented incomplete space closure (Figure 3a), whereby the upper to lower jaw distribution was 5:7.

Furthermore, significant differences were also detected in the period between the extraction and beginning of active space closure. On average 7.5 ± 1.4 months in the group with invagination and only 3.3 ± 0.8 months in those without invagination (Figure 3b).

The average penetration of gingival invagination in the oral, vertical, and buccal orientation per jaw section is displayed in Figure 4a, showing that the depth in the buccal and vertical dimensions was the greatest ($2.5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$), whereas average probing depths of $0.9 \text{ mm} \pm 0.4 \text{ mm}$ were found in the oral orientation. Unhindered penetration in the upper jaw was 6% (Fig-

Persistenz von Milchmolaren inkludiert. Die Verteilung der Nichtanlagen verhielt sich 1:2 auf die Gruppen „ohne Gingivaduplikatur“ zu „mit Gingivaduplikatur“ (Tabelle 1). Insgesamt war ein vollständiger Lückenschluss in 89,2% aller Fälle gegeben. Interessanterweise waren die 12 Regionen mit unvollständigem Lückenschluss nur in Bereichen mit einer Gingivaduplikatur diagnostizierbar. Umgekehrt zeigten 30% der Probanden mit Duplikaturen einen unvollständigen Lückenschluss (Abbildung 3a), wobei die Verteilung Ober- zu Unterkiefer bei 5:7 lag.

Weiter wurden signifikante Unterschiede bezüglich des Zeitraumes nach der Extraktion bis zum Beginn des aktiven Lückenschlusses gefunden. So lag dieser im Mittel bei $7,5 \pm 1,4$ Monaten in der Gruppe mit Duplikatur und bei lediglich $3,3 \pm 0,8$ Monaten bei den Patienten ohne Gingivaduplikatur (Abbildung 3b).

Die durchschnittliche Sondierbarkeit der Gingivaduplikatur in oraler, vertikaler und bukkaler Ausrichtung je Kieferabschnitt ist in Abbildung 4a wiedergegeben. Wie aus der Abbildung hervorgeht, war die Tiefe im Oberkiefer in bukkaler und vertikaler Dimension am größten ($2,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), in oraler Richtung wurden dagegen durchschnittliche Sondierungstiefen von $0,9 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$ gemessen. Die durchgängige Sondierbarkeit im Oberkiefer lag bei 6% (Abbildung 2b). Im Unterkiefer konnten höhere Messwerte der Gingivaduplikatur sondiert werden. So lagen sie bukkal bei $3 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$, vertikal bei $3,3 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$ und oral bei $2,5 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$ (Abbildung 4a). Darüber hinaus traten die durchgängigen Duplikaturen im Unterkiefer mit einer erhöhten Häufigkeit von 25% auf (Abbildung 2b). Die erhöhten Werte im Unterkiefer wurden auch durch den Schwerkraftwert der Gingivaduplikatur (LC^2) wiedergegeben. Demnach lag der LC^2 -Wert für den Oberkiefer bei $22,1 \pm 6,7$, wohingegen im Unterkiefer ein erhöhter Wert von $34,9 \pm 5,4$ ermittelt werden konnte, der jedoch nicht signifikant war (Abbildung 2c). Als wichtige Einflussfaktoren für die Entstehung einer Gingiva-

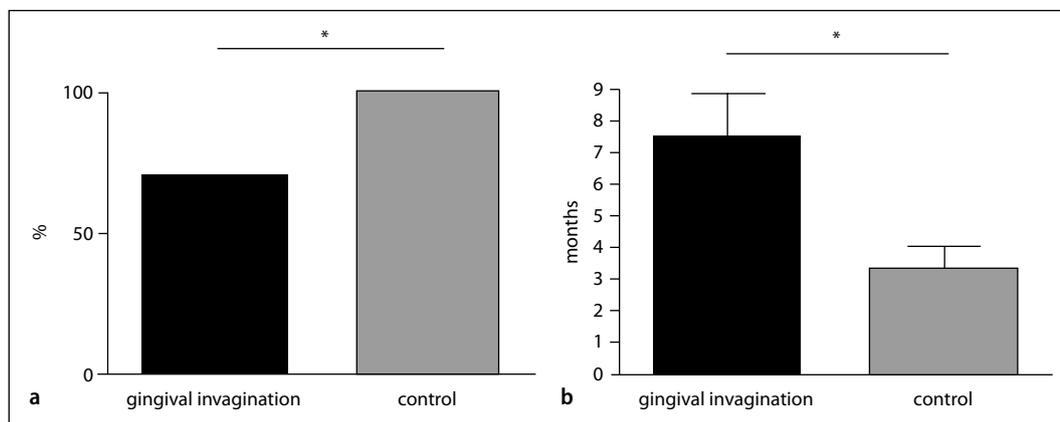


Figure 3. a Completeness of space closure in both groups. With gingival invagination space closure was achieved in 70% of the cases, in the control 100% (* $p < 0.05$). **b** Presentation of the average time until active tooth movement began. Mean time in the gingival invagination group was 7.5 ± 1.4 months and in the control group 3.3 ± 0.8 months, which was significant (* $p < 0.05$)

Abbildung 3. a Vollständigkeit des Lückenschlusses in beiden Gruppen. Mit Gingivaduplikatur konnte ein Lückenschluss nur in 70%, ohne Gingivaduplikatur in 100% erreicht werden. **b** Durchschnittliche Zeit bis zum Beginn des Lückenschlusses. In der Gruppe mit Gingivaduplikaturen war diese mit $7,5 \pm 1,4$ Monaten gegenüber $3,3 \pm 0,8$ Monaten bei der Gruppe ohne Gingivaduplikaturen signifikant verlängert

Table 1. Patients' data

Tabelle 1. Patientendaten

	First quadrant	Second quadrant	Third quadrant	Fourth quadrant
First premolar	18	18	15	15
Second premolar	8	8	9	6
Other teeth		Tooth 26	1 primary second molar	2 primary second molars
Sum per quadrant	26	27	25	23
Sum per jaw	53		48	
Number of extractions	101			

ure 2b). Deeper gingival invaginations were measured in the lower jaw: $3 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$ buccal, $3.3 \text{ mm} \pm 0.4 \text{ mm}$ vertical, and $2.5 \text{ mm} \pm 0.4 \text{ mm}$ oral (Figure 4a). Moreover, invaginations with a complete penetration of the alveolar ridge occurred at a higher frequency of 25% in the lower jaw (Figure 2b). The higher values in the lower jaw were also reflected in the degree of severity of the gingival invagination (LC^2). Thus, the LC^2 value for the upper jaw was 22.1 ± 6.7 , and in the lower jaw 34.9 ± 5.4 , which is higher but not significant (Figure 2c). An invagination in the lower rather than upper jaw, and the duration until initiation of space closure were identified as important factors influencing the development of gingival invaginations. In addition, a direct correlation between incomplete space closure and the presence of gingival invaginations was noted.

Large probing depths mesial and distal to the teeth bordering the extraction site were also significant in patients with gingival invaginations compared to those without (Figure 4b). These differences in the lower jaw were significant.

duplikatur konnten die Lokalisation Ober- zu Unterkiefer sowie die Dauer bis zum aktiven Lückenschluss identifiziert werden. Außerdem bestand ein direkter Zusammenhang zwischen einem unvollständigen Lückenschluss und dem Vorhandensein einer Gingivaduplikatur.

Auffällig waren zudem größere Sondierungstiefen mesial und distal der die Extraktionsareale begrenzenden Zähne bei den Patienten mit, im Vergleich zu denen ohne Gingivaduplikaturen (Abbildung 4b). Diese Unterschiede waren im Unterkiefer signifikant.

Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wird eine Kodierung zur Beschreibung der Gingivaduplikatur vorgestellt, mit deren Hilfe eine wissenschaftliche Dokumentation und die Kommunikation mit anderen Fachdisziplinen der Zahnheilkunde ermöglicht werden. Die Notwendigkeit eines vereinheitlichten Untersuchungsschemas begründet sich bereits aus der Tatsache, dass in der Literatur kontroverse Definitionen existieren [15, 16]

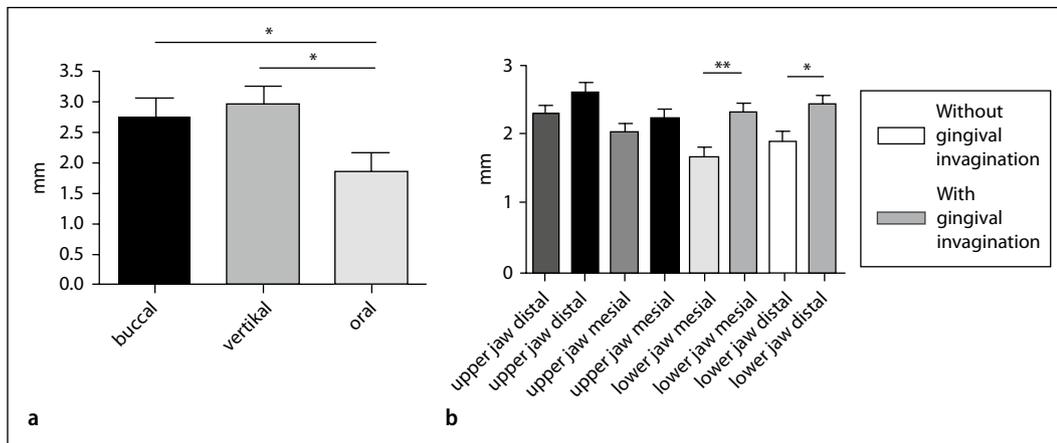


Figure 4. a Mean buccal, vertical, and oral depths of the gingival invaginations in the upper and lower jaw. The buccal and vertical values were significantly higher than the oral ($* p \leq 0.05$). **b** Mean probing depth mesial and distal of the extraction sites in dependence of the jaw. Probing depth in the group with gingival invagination was higher than in the group without. This trend was significant for the lower jaw ($* p \leq 0.05$)

Abbildung 4. a Durchschnittliche bukkale, vertikale und orale Sondierungstiefen der Gingivaduplikaturen im Ober- und Unterkiefer. Die bukkalen und vertikalen Werte waren signifikant höher als die oral gemessenen ($* p \leq 0,05$). **b** Durchschnittliche Sondierungstiefe mesial und distal der Extraktionsregionen bezogen auf den Kiefer. Sondierungstiefen in der Gruppe mit Gingivaduplikaturen war höher als in der Gruppe ohne. Dieser Trend war für den Unterkiefer signifikant ($* p \leq 0,05$)

Discussion

In the present paper, a coding system for describing gingival invaginations to facilitate scientific documentation and communication with other specialist disciplines in dentistry is presented. The importance of a systematic model for use in investigations is justified merely by the contradictory definitions in the literature [15, 16] and because diverse treatment strategies have been described [8, 11].

To guarantee the comparability of findings and to be able to evaluate the extent, frequency and mid- to long-term consequences of gingival invaginations for oral health, a standardized system to document findings is needed. We present such a system for consideration and demonstrate its first application in a clinical study. Measurements were easily obtained with the periodontal probe and they revealed extremely good reproducibility in the preliminary tests and during our investigation. Our basic definition of gingival invagination in this investigation was the presence of an infolding of the mucosa with vertical and/or horizontal penetration of at least 1 mm after orthodontic space closure. The initial condition for space closure was contingent on aplasia or an extraction. With this coding system, we hope to make it possible to describe topographical changes in a gingival invagination, document treatment courses, and develop sophisticated treatment strategies. To date, there have been relatively few scientific investigations of this easily accessible and relatively frequent side effect of orthodontic treatment [6, 15, 16].

Furthermore, few investigations of gingival invaginations have evaluated their long-term effects on dental and orthodontic findings [5, 13, 15, 18]. In the literature, the prevalence of invagination is described as ranging between 35 [16] and 100%

und auch unterschiedliche Therapiestrategien beschrieben wurden [8, 11].

Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten und das Ausmaß, die Häufigkeit sowie mittel- bis langfristige Folgen einer Gingivaduplikatur für die orale Gesundheit evaluieren zu können, ist zunächst eine einheitliche Befunderhebung erforderlich. Eine solche stellen wir zur Diskussion und haben sie erstmals in einer klinischen Studie angewendet. Die Befunderhebung ist einfach mit der Parodontalsonde realisierbar und zeigte in den Vorversuchen und dem Verlauf unserer Untersuchung eine äußerst gute Reproduzierbarkeit. Der vorliegenden Untersuchung legten wir folgende Definition der Gingivaduplikatur zugrunde: Vorliegen einer Auffaltung der Schleimhaut mit vertikaler und/oder horizontaler Sondierbarkeit von mindestens 1 mm nach kieferorthopädischem Lückenschluss. Die Ausgangslage für den Lückenschluss war durch eine Nichtanlage oder auch eine Extraktion bedingt. Mit der vorgestellten Kodierung wollten wir die Möglichkeit schaffen, Veränderungen in der Topographie einer Gingivaduplikatur über die Zeit zu beschreiben, Behandlungsverläufe zu dokumentieren und differenzierte Therapiestrategien zu entwickeln. Bis heute gibt es nur unzureichend wissenschaftliche Untersuchungen dieses gut zugänglichen und relativ häufigen Nebeneffektes der kieferorthopädischen Therapie [6, 15, 16].

Weiterhin existieren bisher nur wenige Untersuchungen zur Gingivaduplikatur, die eine Bewertung ihrer langfristigen Effekte auf zahnmedizinische und kieferorthopädische Befunde zulassen [5, 13, 15, 18]. In der Literatur wird die Prävalenz der Duplikatur mit 35 [16] bzw. 100% [15] angegeben, in unserer Studie lag sie bei 53,3%. Mögliche Erklärungen könnten z. B. unterschiedliche Definitionen oder Studiendesigns sein. Auffäl-

[15], while in our study, the frequency was 53.3%. Possible reasons for this may be differences in definitions and/or study designs. However, the generally very high prevalence of gingival invagination is significant. One of the core issues of our investigation is, therefore, whether invaginations have long-term negative effects on the health of the periodontium or the orthodontic treatment result. In most investigations, periodontal parameters such as the gingival index, bleeding on probing, plaque index, etc. were documented [5, 13, 15, 18]. There was consensus that gingival and plaque indexes yield no significant changes, which is also in line with our observations concerning the PSI, which in fact was slightly, but not significantly increased in patients with gingival invagination. Only Reed et al. [13] and Edwards [5] describe more visible inflammation in the invagination areas. The only current examination addressing invagination distribution is by Rivera Circuns and Tulloch [15], who reported significantly more gingival invaginations in the lower jaw (95.8%) than in the upper jaw (79.2%). These figures illustrate, in accordance with our observations, an obvious trend, namely that gingival invaginations occur more often in the lower jaw, although they deviate from our observations. Rivera Circuns and Tulloch also reported that the probing depths in the lower jaw were greater than in the upper jaw, which also concurs with our results. The lower jaw anatomy and its reconstruction dynamics after tooth extraction are possible explanations [1, 2, 3, 6]. Regarding the topography, Wehrbein et al. [18] describe an average depth of gingival invaginations of 2.7 mm. Unfortunately, they provide no information on where the measurements were taken, nor about the spatial dimensions in their paper. On the other hand, in the present study gingival invaginations were analyzed in their buccal, vertical, and oral dimensions and detected significant differences in some locations: the average depths of the buccal and vertical invaginations were significantly greater than those in the oral orientation. The anatomy and reconstruction dynamics also provide a possible explanation here [1, 2, 3, 6].

The results of Reed's and Wehrbein's working groups [13, 18], which examined the bone conditions of moved teeth, are inconsistent. Reed et al. [13] observed no significantly increased pocket depths. Indeed in X-rays, they noted a reduction in the distance from the enamel cementum junction to the apex, but ascribe this to root resorption and not to a loss of crestal bone. On the other hand, Wehrbein et al. [18] reported increased bone loss clinically and in X-rays of the teeth adjacent to the spaces. That observation is consistent with our results, whereby we noted mesially and distally deeper probing depths in the vicinity of extraction sites with gingival invagination than in those without. In our literature research, we found a claim by Robertson et al. [16] of particular interest. They observed no communication in the invagination areas between the buccal and lingual sides. However, in our investigation, we found considerable evidence thereof. Unhindered penetration was a particular feature in 25% of the invaginations, which to us is a clear sign that invagination is not just a soft-tissue problem, but it can also present a problem for the bone. This perception is of great significance as it can

lig ist jedoch die allgemein sehr hohe Prävalenz der Gingivaduplikatur. Eine der Kernfragen unserer Arbeit lautet daher, ob dieser Befund langfristig negative Auswirkungen auf die Gesundheit des Zahnhalteapparates oder das kieferorthopädische Behandlungsergebnis hat. In den meisten Untersuchungen wurden parodontale Parameter wie Gingivaindex, Blutung auf Sondierung, Plaqueindex etc. erhoben [5, 13, 15, 18]. Es bestand ein Konsens, dass Gingiva- und Plaqueindizes keine signifikanten Veränderungen erfuhren, was auch in Einklang mit unseren Beobachtungen hinsichtlich des PSI steht, der bei den Patienten mit Gingivaduplikatur zwar leicht, aber nicht signifikant erhöht war. Einzig Reed et al. [13] und Edwards [5] beschrieben vermehrt sichtbare Entzündungen im Bereich der Duplikaturen. Die einzige Arbeit, die eine Lageverteilung der Befunde untersuchte, stammt von Rivera Circuns und Tulloch [15]. In dieser gab es deutlich mehr Gingivaduplikaturen im Unterkiefer (95,8%) als im Oberkiefer (79,2%). In Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen geben diese Zahlen deutlich wieder, dass Gingivaduplikaturen tendenziell eher im Unterkiefer auftreten. In der erwähnten Arbeit konnte auch gezeigt werden, dass die Sondierungstiefen im Unterkiefer höher waren als im Oberkiefer, auch das ist kongruent mit unseren Erkenntnissen. Eine mögliche Erklärung könnten die Anatomie des Unterkiefers und dessen Umbaudynamik nach einer Zahnentfernung bieten [1, 2, 3, 6]. Bezüglich der Topographie gaben Wehrbein et al. [18] eine mittlere Tiefe der vermessenen Gingivaduplikaturen von 2,7 mm an. Leider wurden in dieser Arbeit weder Angaben über die Lokalisation der Messung noch über die unterschiedlichen räumlichen Dimensionen vorgenommen. Unsere Studie dagegen analysierte die Gingivaduplikatur in ihrer bukkalen, vertikalen und oralen Dimension und konnte für einige Regionen signifikante Unterschiede feststellen. Demnach waren die durchschnittlichen Tiefen der Duplikatur in bukkaler und vertikaler Richtung signifikant höher als in oraler. Auch hier sind die Anatomie und die Umbaudynamik mögliche Erklärungsansätze [1, 2, 3, 6].

Die Ergebnisse der beiden Autorengruppen [13, 18], welche die knöchernen Verhältnisse der bewegten Zähne betrachteten, waren widersprüchlich. So fanden Reed et al. [13] keine signifikant erhöhten Taschentiefen. Zwar erkannten sie radiologisch eine Reduktion der Strecke Schmelz-Zement-Grenze zum Apex, führten dies aber auf Wurzelresorptionen zurück und nicht auf den Verlust von krestalen Knochen. Wehrbein et al. [18] dagegen gaben einen verstärkten Knochenverlust klinisch und radiologisch an den die Lücken begrenzenden Zähnen an. Diese Aussage stimmt mit unseren Ergebnissen überein, wonach mesial und distal höhere Sondierungstiefen im Bereich der Extraktionsareale mit Gingivaduplikatur vorlagen als bei denen ohne. Eine Aussage, die uns in der Literaturrecherche besonders auffiel, stammt von Robertson et al. [16]. Die Autoren gaben in keinem Fall eine Kommunikation im Bereich der Duplikatur zwischen der bukkalen und lingualen Seite an. In unserer Untersuchung war dies jedoch sehr wohl nachweisbar. Insbesondere im Unterkiefer war eine durchgängige Sondierbarkeit in 25% der Duplikaturen vorhanden, was für uns ein klares Zeichen da-

have a direct effect on treatment strategies of gingival invaginations. For example, the surgical effort for treating an invagination described by Pinheiro et al. [11] was much greater than that of Malkoc et al. [8]. However, Pinheiro et al. diagnosed marked osseous participation of the structures and corrected this defect with bone-replacement material. In their therapeutic approach, Malkoc et al. [8] treated soft tissue only, while disregarding the osseous situation entirely.

To our knowledge, no previous clinical investigation has examined the role played by the time between tooth extraction and the beginning of space closure. The animal study by Diedrich and Wehrbein [4], who recommend early space closure after tooth extraction as a means of preventing gingival invagination, makes the only reference to this issue. Their findings reinforce our results, since we also observed significantly more gingival invagination when space closure was initiated too slowly after tooth extraction.

The thoroughness of space closure is of great importance in successful orthodontics. Our investigation showed that complete space closure was achieved in 89.2% of extractions. However, also it was also noted that incomplete space closure was accompanied by gingival invagination. Conversely, 30% of patients with invagination had a gap in the extraction region. Wehrbein et al. [18] found complete space closure in 87.09% of patients without invaginations and in only 30.4% of those with gingival invaginations. Edwards [5] made a similar observation. In that paper, extraction spaces were closed and the teeth debonded before the retention phase had ended in a prospective study. A relapse due to space formation was observed in all cases. Subsequently, the teeth were re-bonded, the excess interproximal tissue excised, and the space re-closed. The treatment outcome remained stable. Contrary to Edwards' and our observations are those made by Rivera Circuns and Tulloch [15]. They failed to detect a statistically significant correlation between gingival invagination and relapse in the context of incomplete space closure.

Conclusion

Our data demonstrate that the stability of the orthodontic treatment outcome is jeopardized by the occurrence of gingival invagination. Moreover, the presence of a gingival invagination seems to be accompanied by a loss of marginal bone in the adjacent teeth. Here, the location of the tooth extraction and duration until initiation of space closure appear to be important influencing factors in the development of gingival invagination. However, it is important to stress that our data rely on a small retrospective patient population. Because of the heterogeneity of our study cohort, parameters such as the baseline situation in the extraction area, mechanics, fixation, duration of space closure, and inflammation after extraction were not accessible. Thus, our findings and conclusions must not be overinterpreted. However, should our results ultimately be verified, measures such as socket preservation [14, 17] and

für ist, dass die Gingivaduplikatur in einigen Fällen nicht nur ein Problem des Weichgewebes, sondern auch des knöchernen Lagers darstellt. Diese Erkenntnis ist von großer Bedeutung, denn sie kann sich direkt auf mögliche Therapiestrategien auswirken. So war der operative Aufwand zur operativen Therapie einer Duplikatur in der Arbeit von Pinheiro et al. [11] ungleich höher als bei Malkoc et al. [8]. Da Pinheiro et al. in ihrer Arbeit eine deutliche knöcherner Beteiligung der Strukturen diagnostizierten, wurde dieser Defekt sogar mit einem Knochenersatzmaterial augmentiert. In dem therapeutischen Ansatz von Malkoc et al. [8] wird nur eine Behandlung des Weichgewebes vorgenommen, wobei die knöcherner Topographie vollkommen unberücksichtigt bleibt.

Inwiefern der Faktor Zeit nach der Zahnextraktion bis zum Beginn des Lückenschluss eine Rolle spielt, wurde bisher in keiner klinischen Untersuchung beleuchtet. Den einzigen Hinweis hierauf liefert die tierexperimentelle Studie von Diedrich und Wehrbein [4], welche einen frühen Lückenschluss nach der Zahnentfernung als sinnvolle Maßnahme zur Vermeidung einer Gingivaduplikatur empfehlen. Diese Erkenntnisse unterstreichen unsere Ergebnisse, da auch wir eine signifikant häufigere Entstehung der Gingivaduplikatur beobachteten, wenn der Lückenschluss verzögert eingeleitet wurde.

Für die Kieferorthopädie ist die Vollständigkeit des Lückenschlusses von großer Bedeutung. Unsere Untersuchung zeigte, dass nach 89,2% der Extraktionen ein vollständiger Lückenschluss erzielt wurde. Allerdings wurde deutlich, dass ein unvollständiger Lückenschluss in solchen Fällen mit einer Gingivaduplikatur vergesellschaftet war. Umgekehrt hatten 30% der Patienten mit Duplikatur eine Lücke in der Extraktionsregion. Wehrbein et al. [18] fanden einen vollständigen Lückenschluss in 87,09% der Fälle bei Patienten ohne und nur in 30,4% der Bereiche mit Gingivaduplikatur. Eine ähnliche Beobachtung machte Edwards [5]. In seiner Arbeit wurden im Rahmen eines prospektiven Studiendesigns Extraktionslücken geschlossen und die Zähne vor Beendigung der Retentionsphase entbündert. In allen Fällen kam es zu einem Rezidiv durch Lückenbildung. Anschließend wurden die Zähne erneut bebandert, das überschüssige interproximale Gewebe exzidiert und die Lücke erneut geschlossen. Daraufhin blieb das Therapieergebnis stabil. Im Widerspruch zu diesen und unseren Beobachtungen steht die Arbeit von Rivera Circuns u. Tulloch [15], die keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Gingivaduplikatur und einem Rezidiv in Form eines unvollständigen Lückenschluss nachweisen konnten.

Schlussfolgerung

Unsere Daten konnten zeigen, dass die Stabilität des kieferorthopädischen Behandlungsergebnisses durch das Auftreten einer Gingivaduplikatur gefährdet ist. Darüber hinaus scheint das Vorhandensein einer Gingivaduplikatur mit dem Verlust von marginalem Knochen benachbarter Zähne einherzugehen. Dabei scheinen die Lokalisation der Zahnextraktion sowie die Dauer bis zum aktiven Lückenschluss wichtige Ein-

timely space closure will have to be performed to prevent gingival invagination, particularly in the lower jaw.

At this point, the indication for tooth extraction in orthodontics should not be at issue. However, the reason for extraction should be reconsidered if a stable treatment outcome appears questionable and as long as the long-term oral health consequences of extraction have not been fully investigated.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Al-Dente Alumni Club e. v. of the University Hospital of Bonn for their financial support.

Conflict of interest

On behalf of all authors, the corresponding author states that there are no conflicts of interest.

References

1. Araujo MG, Lindhe J (2005) Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 32:212–218
2. Cardaropoli G, Araujo M, Hayacibara R et al (2005) Healing of extraction sockets and surgically produced – augmented and non-augmented – defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 32:435–440
3. Cardaropoli G, Araujo M, Lindhe J (2003) Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 30:809–818
4. Diedrich P, Wehrbein H (1997) Orthodontic retraction into recent and healed extraction sites. A histologic study. *J Orofac Orthop* 58:90–99
5. Edwards JG (1971) The prevention of relapse in extraction cases. *Am J Orthod* 60:128–144
6. Gözl L, Reichert C, Jäger A (2011) Gingival invagination – a systematic review. *J Orofac Orthop* 72:409–420
7. Kuroi J, Rönnerman A, Heyden G (1982) Long-term gingival conditions after orthodontic closure of extraction sites. Histological and histochemical studies. *Eur J Orthod* 4:87–92
8. Malkoc S, Buyukyilmaz T, Gelgor I, Gursel M (2004) Comparison of two different gingivectomy techniques for gingival cleft treatment. *Angle Orthod* 74:375–380
9. Meyle J, Jepsen S (2000) Der parodontale Screening-Index (PSI). *Parodontologie* 1:17–21
10. Parker GR (1972) Transseptal fibers and relapse following bodily retraction of teeth: a histologic study. *Am J Orthod* 61:331–344
11. Pinheiro ML, Moreira TC, Feres-Filho EJ (2006) Guided bone regeneration of a pronounced gingivo-alveolar cleft due to orthodontic space closure. *J Periodontol* 77:1091–1095
12. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM (2007) Orthodontic treatment planning: limitations, controversies, and special problems. In: Proffit WR, Fields HW, Sarver DM (eds) *Contemporary orthodontics*. Mosby Elsevier, St. Louis, MO, USA
13. Reed BE, Polson AM, Subtelny JD (1985) Long-term periodontal status of teeth moved into extraction sites. *Am J Orthod* 88:203–208
14. Reichert C, Wenghoefer M, Götz W, Jäger A (2011) Pilot study on orthodontic space closure after guided bone regeneration. *J Orofac Orthoped* 72:45–50
15. Rivera Circuns AL, Tulloch JF (1983) Gingival invagination in extraction sites of orthodontic patients: their incidence, effects on periodontal health, and orthodontic treatment. *Am J Orthod* 83:469–476
16. Robertson PB, Schultz LD, Levy BM (1977) Occurrence and distribution of interdental gingival clefts following orthodontic movement into bicuspid extraction sites. *J Periodontol* 48:232–235
17. Tiefengraber J, Diedrich P, Fritz U, Lantos P (2002) Orthodontic space closure in combination with membrane supported healing of extraction sockets (MHE) a pilot study. *J Orofac Orthop* 63:422–428
18. Wehrbein H, Fuhrmann R, Andreas A, Diedrich P (1993) Die Bedeutung von Gingivaduplikaturen beim orthodontischen Lückenschluß. Eine klinisch-radiologische Studie. *Fortschr Kieferorthop* 54:231–236

flussfaktoren für die Entstehung gingivaler Duplikaturen zu sein. Dennoch muss an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass die gewonnenen Daten aus einer kleinen retrospektiven Patientenpopulation entstammen. Aufgrund der Heterogenität des Patientengutes konnten einige Parameter, wie z. B. Ausgangssituation im Extraktionsbereich, Mechanik, Verankerung, Strecke des Lückenschluss oder Entzündungen nach der Extraktion, nicht nachvollzogen werden. Aus diesen Gründen dürfen unsere Ergebnisse und Rückschlüsse nicht überinterpretiert werden und bedürfen weiterer prospektiver Überprüfung. Sollten sich unsere Ergebnisse bestätigen, müssten Maßnahmen, z. B. ein Alveolenerhalt [14, 17] sowie ein zeitnaher Lückenschluss, getroffen werden, um die Gingivaduplikatur insbesondere im Unterkiefer zu vermeiden.

An dieser Stelle soll nicht die Indikation zur Zahnextraktion in der Kieferorthopädie in Frage gestellt werden. Dennoch ist die Begründung für eine solche Maßnahme zu überdenken, wenn ein stabiles Therapieergebnis nicht gesichert werden kann und langfristige Folgen für die orale Gesundheit noch nicht abschließend untersucht sind.

Danksagung

Die Autoren möchten sich bei dem Al-Dente Alumni Club e.V. der Universitätszahnklinik Bonn für die finanzielle Unterstützung bedanken.

Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Correspondence address

Dr. Christoph Reichert
Polyclinic for Orthodontics
Rheinische Friedrich-Wilhelms-University of Bonn
Welschnonnenstraße 17
53111 Bonn
Germany
e-mail: c_reichert@web.de