

Persönliche PDF-Datei für

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

www.thieme.de

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Verlag und Copyright:

Georg Thieme Verlag KG
Postfach 30 11 20
70451 Stuttgart
ISSN

Alle Rechte liegen beim
Verlag



Erfolgreiche kieferorthopädische Einstellung eines dilazerierten oberen mittleren Inzisivus – ein Fallbericht

Successful Orthodontic Alignment of a Dilacerated Upper Central Incisor – A Case Report

Autoren

Michael Schubert¹, Peter Proff², Christian Kirschneck²

Institute

- 1 Kieferorthopädische Fachpraxis, Regensburg
- 2 Poliklinik für Kieferorthopädie, Universitätsklinikum Regensburg

Schlüsselwörter

Dilazeration, Verlagerung, dentales Trauma, skelettale Verankerung, EWC-System

Key words

dilaceration, impaction, dental trauma, skeletal anchorage, EWC system

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0961-6072>
Inf Orthod Kieferorthop 2019; 51: 209–218
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 0020-0336

Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. Dr. Christian Kirschneck
Poliklinik für Kieferorthopädie
Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauß-Allee 11
D-93053 Regensburg
Tel.: +49 941 944 6093, Fax: +49 941 944 6169
christian.kirschneck@ukr.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Verlagerte, dilazerierte Inzisiven sind häufig Folge eines dentalen Traumas im Milchgebiss. Aufgrund z.T. erheblicher funktionell-ästhetischer Einschränkungen ist eine adäquate Therapie indiziert, die neben einer Exzision mit Lückenschluss, (implantat)prothetischer Versorgung oder Autotransplantation bleibender Zahnkeime auch in einer kombiniert chirurgisch-kieferorthopädischen Einstellung in den Zahnbogen bestehen kann.

Fallvorstellung Bei einem 9-jährigen Patienten mit dilazeriertem Zahn 21, Mesialstand der Seitenzähne im 2. Quadranten sowie tiefem Überbiss mit traumatischem Einbiss der unteren Inzisiven erfolgte im Rahmen einer festsitzenden kieferortho-

pädischen Multibrackettherapie eine Einstellung des Zahnes 21 in Okklusion nach chirurgischer Freilegung und Traktion mittels des EWC-Systems (Adenta), skelettal verankert über 2 temporäre mediane palatinale Minischrauben an einer BENESlider-Apparatur (PSM Medical Solutions), welche zudem zur Molarendistalisation im 2. Quadranten genutzt wurde.

Schlussfolgerungen Im Fallbericht konnte unter Anwendung einer skelettalen Verankerung und des EWC-Systems im frühen Wechselgebiss ein dilazerierter mittlerer oberer Schneidezahn erfolgreich kieferorthopädisch unter Erhaltung der Zahnvitalität eingestellt werden. Trotz möglicher Risiken (Devitalisierung, Zahnwurzelresorptionen, Ankylosierung) stellt dieses Vorgehen daher bei korrekter biomechanischer Planung eine mögliche zahnerhaltende Therapieoption dar.

ABSTRACT

Background Displaced, dilacerated incisors are often the result of dental trauma in the deciduous dentition. Due to sometimes considerable functional and aesthetic limitations, adequate therapy is indicated, which can consist of extraction therapy with gap closure, (implant-)prosthetic restoration or autotransplantation of permanent tooth germs as well as a combined surgical and orthodontic alignment of the dilacerated incisor in the dental arch.

Case presentation In a 9-year-old patient with dilacerated tooth 21, mesial movement of posterior teeth in the 2nd quadrant, and deep overbite with traumatic occlusion of lower incisors, fixed orthodontic multibracket therapy with orthodontic alignment of tooth 21 into occlusion was performed after surgical exposure and traction using the EWC system (Adenta) in combination with skeletal anchorage via 2 temporary median palatal miniscrews and a BENESlider appliance (PSM Medical Solutions), which was also used for molar distalization in the 2nd quadrant.

Conclusions In this case report, using skeletal anchorage and the EWC system in the early mixed dentition, a dilacerated upper central incisor could be successfully aligned orthodontically, while preserving dental vitality. Despite possible risks (devitalization, root resorption, ankylosis), this procedure therefore represents a viable, tooth-preserving therapy option in case of correct biomechanical planning.

Einführung

Der Frontzahnwechsel beginnt in der Regel im unteren Zahnbogen mit den zentralen Inzisiven, gefolgt von den seitlichen unteren und den mittleren Schneidezähnen im Oberkiefer [1]. Mit Durchbruch der lateralen Inzisiven im Oberkiefer, etwa ein Jahr später, ist der Frontzahnwechsel abgeschlossen [1]. Es fällt dann auch einem Laien auf, wenn hier Störungen aufgetreten sind. Durch das Fehlen eines oder beider oberer mittlerer Schneidezähne wird die Gesichtsästhetik erheblich beeinträchtigt. Meistens wird zunächst der Allgemeinzahnarzt aufgesucht, der durch eine entsprechende klinische und radiologische Untersuchung eine erste Diagnose stellen kann. Die einfachste Erklärung für den fehlenden Durchbruch eines Zahnes ist seine Nichtanlage, die bei den mittleren oberen Schneidezähnen jedoch sehr selten und meistens mit kraniofazialen Syndromen assoziiert ist [2]. Wesentlich häufiger sind dagegen ein oder mehrere überzählige Zähne der Grund der Durchbruchsstörung [3]. Durch den für sie benötigten Platz wird es innerhalb des Alveolarfortsatzes eng und der eine oder beide Inzisiven werden nach labial und kranial abgelenkt und im Durchbruch behindert. Eine andere, seltenere obstruktive Ursache für eine Zahndurchbruchsstörung können Odontome von sehr unterschiedlicher Größe und Typ sein [4]. Eine genetisch bedingte, ektopische Lage des Zahnkeims äußert sich auch in einer entsprechenden Durchbruchsstörung, da der Abstand zu den natürlich stehenden Nachbarzähnen zu gering ist. Diese drängen ihn vom normalen Durchbruchsweg ab; die vollständige Resorption des zugehörigen Milchzahns kann nicht stattfinden (atypische Resorption) und der Milchzahn fällt nicht aus. Der ektopische Zahn wird mehr oder weniger an seiner ursprünglichen Position gehalten.

Häufiger als Odontome sind dentale Milchzahntraumata der Grund für eine Durchbruchsstörung von Schneidezähnen. Meistens liegen diese zeitlich weit zurück, erfolgen im 3. oder 4. Lebensjahr und geraten daher oft in Vergessenheit, es sei denn, das Trauma war spektakulär und mit dem Verlust eines Milchsneidezahns verbunden. In diesen Fällen kann während der Heilungsphase entstehendes Narbengewebe zu einer Verdickung der Mukosa führen, die später den spontanen Durchbruch des bleibenden Zahnes behindert [5–6]. Deutlich ist in solchen Situationen der bleibende Zahn unter einer Vorwölbung der Mukosa zu palpieren und ein entsprechender chirurgischer Eingriff durch Freilegung der Krone schafft Abhilfe. Wesentlich schwieriger zu therapieren sind Folgeerscheinungen eines dentalen Milchzahntraumas unter Beteiligung der Zahnkeime der bleibenden Inzisiven, da hierbei die sich noch bildende Wurzel verletzt wird und daraus eine „Dilazeration“ entstehen kann.

Der Begriff „Dilazeration“ leitet sich von dem lateinischen Verb „dilacerare“ ab und bedeutet soviel wie „zerreißen“ oder „zerfetzen“ und wurde in Verbindung mit Zähnen zum ersten Mal 1848 von Tomes [7] beschrieben als eine gewaltsame Trennung des sich im Kronenbereich bildenden Dentins von der Restpulpa. Erst viele Jahre später wurde dieses Phänomen wieder in der Literatur aufgegriffen und definiert als eine Winkelbildung oder Kurve in der linearen Beziehung zwischen der Krone und Wurzel eines Zahnes [8, 9]. Andreasen et al. [10] definierten den Begriff „Dilazeration“ als eine abrupte Abweichung der Zahnkrone oder eines Teils der Zahnwurzel von der Längsachse des restlichen, sich noch entwickelnden Zahnes, verursacht durch eine nicht-axiale, traumatische Krafteinwirkung.

Adrian Becker [2] beschreibt in seiner „Jerusalem-Hypothese“ die Entstehung des „klassischen Typus“ dieser Anomalie: In einem frühen Stadium der Zahnentwicklung liegen die Keime der bleibenden Schneidezähne palatinal und kranial der Wurzeln der Milchzähne. Im Alter von 4 bis 5 Jahren treten sie auf ihrem Durchbruchsweg nach labial und beginnen die Wurzeln der Milchzähne zu resorbieren. Wenn jetzt in diesem kritischem Alter, in dem die schon fertig entwickelte Krone in direkter Beziehung zur teilresorbierten Milchzahnwurzel liegt, dem Kind ein Frontzahntrauma widerfährt, wird die intrudierende Kraft über die Schneidekante des bleibenden Zahnes auf die Labialfläche der sich noch entwickelnden Wurzel weitergeleitet. Die Krone wird nach kranial verschoben, die Hertwig-Wurzelscheide bleibt an ihrer ursprünglichen Position und bildet den Rest der Wurzel entgegen der Durchbruchskraft des sich entwickelnden Zahnes aus. Die Wurzelentwicklung nach kaudal ist normal ausgerichtet, die Krone des Schneidezahnes bewegt sich jedoch solange nach labial und kranial, bis die Wurzelentwicklung bei einem bukkolingual unterschiedlichen Mineralisationsgradienten abgeschlossen ist. Ein spontaner Durchbruch ist nicht mehr zu erwarten.

Im folgenden Fallbericht stellen wir einen Patientenfall mit dilaziertem, mittleren Inzisivus vor, der durch ein kombiniert chirurgisch-kieferorthopädisches Vorgehen erfolgreich eingestellt werden konnte. Gegenüber alternativen Therapiemöglichkeiten, welche eine Exzision des dilazierten Zahnes mit anschließendem kieferorthopädischen Lückenschluss, einer Autotransplantation oder prothetischen Versorgung umfassen, ermöglicht die kieferorthopädische Einstellung den Erhalt des Zahnes bei einem funktionell als auch ästhetisch zufriedenstellenden Ergebnis. Trotz des existierenden Risikos einer möglichen Devitalisierung des dilazierten Zahnes bei Einstellung mit Notwendigkeit einer endodontischen Therapie sowie von Wurzelresorptionen, Ankylosierung des Zahnes, Perforation der labialen Kortikalisschicht bzw. Nichterreichen einer adäquaten labio-oralen Kroneninklination, berichten verschiedene frühere Studien bereits von einer erfolgreichen Einstellung dilazierter Schneidezähne [11]. Diese stellt somit unter Berücksichtigung der Risiken und korrekter biomechanischer Planung eine mögliche Behandlungsoption dar. Das hierzu verwendete Easy-Way-Coil-System (EWC) (Adenta, Gilching, Deutschland) hat sich dabei bei der Einstellung ektopischer Zähne [16] wie auch bei multiplen Verlagerungen [17] als leistungsfähig erwiesen. Im Vergleich mit anderen Zugvorrichtungen und Behandlungsmethoden ist es in der Lage, rotationskontrolliert die Zugrichtung bei genau eingestellter Kraftgröße zu verändern [16]. Das System bedarf weder Elastics zur Kräfteerzeugung, die häufig erneuert werden müssen und in der Kraftgröße ungenau sind, noch eines Cantilever-Mechanismus, der den Patientenkomfort beeinträchtigt und bei der erschwerten Mundhygiene leicht verbogen werden kann [16].

Vorgeschichte

Ein 9-jähriger männlicher Patient stellte sich in kieferorthopädischer Fachpraxis vor, da er mit seiner dentalen Ästhetik im Frontzahnbereich unzufrieden war und sich dem Spott seiner Mitschüler ausgesetzt fühlte. Der rechte mittlere Schneidezahn war vollständig durchgebrochen, der linke mittlere Inzisivus klinisch nicht sichtbar mit Vorliegen einer entsprechenden Zahnlucke (► **Abb. 1a–c**). Bereits ein

halbes Jahr zuvor wurde beim konsultierten Zahnarzt die Diagnose „verlagerter retinierter Schneidezahn“ nach einer entsprechenden klinischen und radiologischen Untersuchung gestellt. Die Mutter berichtete bei der Erhebung der Anamnese von einem Sturz auf den Badewannenrand im Alter von 3,5 Jahren. Dabei wurden nach ihrer Angabe die beiden mittleren Milchschneidezähne nach dorsal luxiert. Eine zahnärztlich-iatrogene Repositionierung wurde unterlassen und eine spontane Heilung abgewartet. Der Patient zeigte ansonsten bei Erstuntersuchung keine anamnestischen Auffälligkeiten wie Allergien oder Medikamenteneinnahme bei exzellentem physisch-emotionalem Gesundheitszustand und guter Mundhygiene und hatte bislang keine kieferorthopädische Behandlung erhalten.

Diagnose

Bei der intraoralen Untersuchung (► **Abb. 1a–c**) zeigte sich ein frühes Wechselgebiss. Im Frontzahnbreich des oberen Zahnbogens war von den Dentes permanentes nur Zahn 11 durchgebrochen bei Persistenz von Zahn 52 und Fehlen der Zähne 21 und 62. Die Zahn-
 lücke in regio 21/22 zeigte sich im Durchmesser reduziert durch einen Mesialstand der Milchzähne 63–65 sowie von Zahn 26. Die kieferorthopädische Stützzone, d. h. die Milchzähne III, IV und V, war in allen Quadranten vollständig erhalten. Die Okklusion im Bereich der ersten Molaren betrug rechts 1/2 PB distal, links 1 PB di-

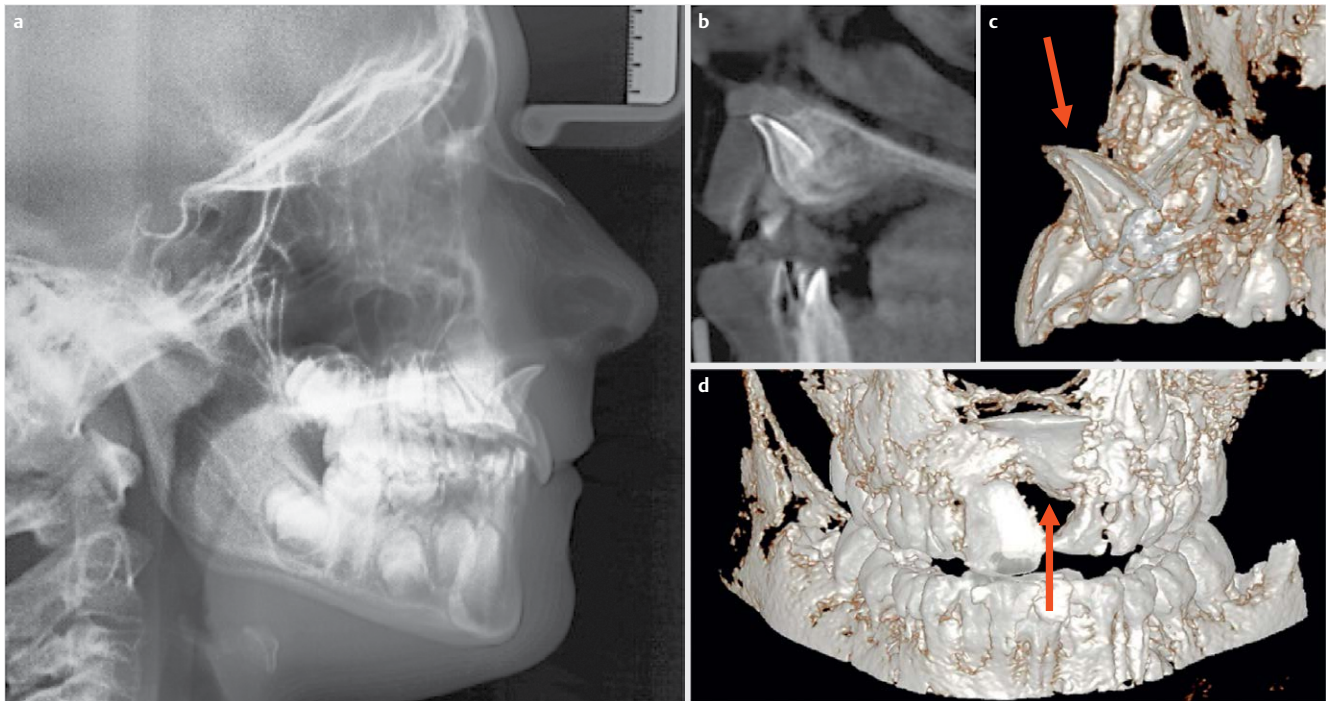
stal. Der Überbiss (Overbite) war tief (6 mm) und zeigte einen traumatischen Einbiss der unteren Schneidezähne in die Gaumenschleimhaut. Die sagittale Frontzahnstufe (Overjet) war geringgradig vergrößert (4 mm). Im oberen Zahnbogen lag eine alveoläre Mittellinienverschiebung des Zahnes 11 nach links um 1–2 mm vor.

Die radiologische Untersuchung mithilfe der vom erstdiagnostizierenden Zahnarzt angefertigten Panorama- (► **Abb. 1d**) sowie der Fernröntgenseitenaufnahme (► **Abb. 2a**) zeigte eine stark nach kranial inklinierte Zahnkrone von Zahn 21 bei unklarem Wurzelverlauf. Alle Zähne mit Ausnahme der Weisheitszähne waren angelegt und dem Alter entsprechend entwickelt. Die kephalometrische Analyse zeigte als sagittale skelettale Kieferrelation eine Klasse I bei neutralem Wachstumsmuster und regelrechter vertikaler Inklination der Kieferbasen (► **Tab. 1**). Die obere Front war retroinkliniert und antepositioniert, die untere Front normoinkliniert und antepositioniert (► **Tab. 1**). Zur weiteren Diagnostik zur Beurteilung von Lage, Wurzelkonfiguration sowie der Beziehung zu den Nachbarzähnen und eventuell vorliegenden Zahnwurzelresorptionen wurde eine 3-dimensionale DVT-Aufnahme des Oberkiefers angefertigt.

Vor allem in der Sagittalebene konnte der dilazierte Zahn 21 gut dargestellt werden (► **Abb. 2b–d**). Die Zahnform zeigte eine ausgeprägte Dilazeration zwischen Krone und Wurzel, der Abstand zur palatinalen Kortikalis war gering. Die Längsachse der Krone wies einen Winkel von 50° zur Horizontalebene und einen Winkel von 110° gemessen zwischen den Längsachsen der Krone und des api-



► **Abb. 1** a–c Intraoraler Fotostatus und d Panoramiaschichtaufnahme (PSA) vor Beginn der Therapie (Anfangsdiagnostik).



► **Abb. 2** a Fernröntgenseitenbild (FRS) und b–d DVT-Bildgebung (b 2D-Sagittalebene regio 21; c 3D-Oberflächenrekonstruktion regio 21 sagittal; d 3D-Oberflächenrekonstruktion regio 21 frontal) vor Beginn der Therapie (Anfangsdiagnostik).

► **Tab. 1** Kephalometrische Auswertung (Fernröntgenseitenbild FRS, Tübinger Analyse).

Tübinger Analyse	Norm	vor Beginn der Therapie		nach Ende der Therapie	
		Wert	Interpretation	Wert	Interpretation
Skelettale Parameter					
SNA-Winkel (°)	81 ± 2	79,3	Oberkiefer orthognath	77,0	Oberkiefer retrognath
SNB-Winkel (°)	79 ± 2	76,2	Unterkiefer retrognath	78,0	Unterkiefer orthognath
ANB-Winkel (°)	2 ± 2	3,1	skelettale Klasse I	- 1,0	skelettale Klasse III
ANB-Winkel (ind.) (°)		3,4		2,6	
ANB-Differenz (°)	0 ± 1	- 0,3	skelettale Klasse I	- 3,6	skelettale Klasse III
Wits-Appraisal (mm)	- 1 ± 1	0,0	skelettale Klasse I	- 3,7	skelettale Klasse III
NL-NSL-Winkel (°)	7 ± 3	7,1	Oberkiefer normokliniert	6,5	Oberkiefer normokliniert
ML-NSL-Winkel (°)	32 ± 6	34,5	Unterkiefer normokliniert	34,6	Unterkiefer normokliniert
ML-NL-Winkel (°)	25 ± 6	27,4	Normodivergenz der Kieferbasen	28,1	Normodivergenz der Kieferbasen
Hasund-Index (%)	79 ± 5	89,4	vergrößertes Untergesicht	88,9	vergrößertes Untergesicht
Jarabak-Ratio (%)	63,5 ± 1,5	62,1	neutrales Wachstumsmuster	63,3	neutrales Wachstumsmuster
Dentale Parameter					
OK1-SN (°)	102 ± 3	98,3	obere Front retroinkliniert	112,8	obere Front prokliniert
UK1-ML (°)	90 ± 3	88,0	untere Front normokliniert	92,2	untere Front normokliniert
Interinzisalwinkel (°)	135 ± 6	139,2	Interinzisalwinkel regelrecht	120,4	Interinzisalwinkel verkleinert
OK1-NPog (mm)	3 ± 2	5,9	obere Front anteponiert	4,9	obere Front anteponiert
UK1-NPog (mm)	0 ± 2	2,4	untere Front anteponiert	3,2	untere Front anteponiert

kalen Bereichs der Wurzel auf. Der Parodontalspalt zeichnete sich durchgehend ab, sodass keine Anzeichen für eine Ankylose des Zahnes 21 radiologisch evident waren.

Therapieoptionen und -ziele

Vier Möglichkeiten der Therapie standen zur Diskussion, welche unter Abwägung der jeweiligen Vor- und Nachteile sowie Risiken und Langzeitprognose differentialtherapeutisch in Erwägung gezogen wurden:

1. Extraktion des dilazierten Schneidezahnes 21 und kieferorthopädischer Lückenschluss mit Stellung des Zahnes 22 an die Stelle des Zahnes 21 [18]. Ein entsprechender odontoplastischer Kronenaufbau von 22 und eine Umgestaltung der Kronen von 23 und 24 wären empfehlenswert.
2. Extraktion des dilazierten Schneidezahnes 21 und Autotransplantation eines bleibenden Zahnkeimes nach kieferorthopädischer Lückenöffnung
3. kieferorthopädische Einstellung nach Lückenöffnung und chirurgischer Freilegung
4. Extraktion des dilazierten Schneidezahnes 21 und prothetische Versorgung der Lücke mit einer Implantatkrone oder einer Brücke, ggf. auch nach missglücktem Autotransplantat oder kieferorthopädischem Einstellungsversuch

Für die Eltern und den Patienten waren eine Erhaltung und die kieferorthopädische Einstellung des verlagerten Zahnes von oberster Priorität. Aus diesem Grund wurde im vorliegenden Patientenfall die doch wesentlich längere Behandlungszeit und die damit verbundenen potentiellen Risiken einer kieferorthopädischen Einstellung des dilazierten Zahnes wie Wurzelresorptionen, Perforation der labialen Kortikalisschicht, Devitalisierung oder Ankylosierung des Zahnes therapeutisch in Kauf genommen.

Primäres Behandlungsziel war die kieferorthopädische Einstellung des verlagerten, dilazierten mittleren Inzisivus 21 in Okklusion nach chirurgischer Freilegung und Traktion mittels des EWC-Systems, nach Möglichkeit unter Erhaltung von dessen Vitalität. Sekundäre Behandlungsziele umfassten die Einstellung einer Klasse-I-Okklusion im Seitenzahnbereich über eine skelettal verankerte Distalisierung der oberen Seitenzähne (BENESlider), eine Bisshebung mittels Intrusion der unteren Inzisiven sowie eine Ausformung und Harmonisierung beider Zahnbögen mit Einstellung eines physiologischen Overjet und Overbite bei stabiler und funktioneller Okklusion.

Therapieverlauf

Vor Beginn der Einstellung des dilazierten Inzisivus sollte der Durchbruch der lateralen oberen Inzisiven abgewartet werden. Als Interimsversorgung erhielt der Patient in diesem Zeitraum eine



► **Abb. 3** Verlauf der kieferorthopädischen Therapie mit Einstellung des verlagerten, dilazierten Zahnes 21. Für Details zu den einzelnen in a–i dargestellten Behandlungsabschnitten sei auf den Abschnitt „Therapieverlauf“ verwiesen.

herausnehmbare Schwarz-Platte mit Prothesenzahn im Bereich der Zahnücke 21. Etwa 1,5 Jahre nach kieferorthopädischer Erstvorstellung und -diagnostik waren die oberen seitlichen Schneidezähne soweit durchgebrochen, dass mit der Einstellung des verlagerten Zahnes und den platzbeschaffenden Maßnahmen (Distalisation) begonnen werden konnte. Der Patient und seine Eltern wurden über die Notwendigkeit einer guten Mundhygiene und Mitarbeit im Behandlungsverlauf als auch über die zu erwartende Dauer und mögliche Risiken der Behandlung, insbesondere Zahnwurzelresorptionen, die Nicht-Einstellbarkeit des dilazierten Zahnes, als auch eine mögliche Devitalisierung mit Notwendigkeit einer endodontischen Therapie informiert und aufgeklärt.

Um mit einer stabilen Verankerung behandeln und gleichzeitig eine Distalisation im ersten und zweiten Quadranten vornehmen zu können, war als Distalisationsapparatur ein modifizierter BENESlider (PSM Medical Solutions, Tuttlingen, Deutschland) (► **Abb. 3a**) vorgesehen. Zwei Titan-Minischrauben des BENEFIT-Systems (PSM Medical Solutions) [19] in der Dimension 2,0×9 mm (ST-33-54209) und 2×7 mm (ST-33-54207) wurden durch einen Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in der T-Zone median in den Gaumen inseriert. Auf die ersten Molaren wurden Bänder (Slot 0,018“) mit Palatinalschlüsseln aufgepasst und mit Übertragungskäppchen des BENEFIT-Systems (33-54410) auf den Minischrauben ein Alginat-Abdruck genommen. Im indirekten Verfahren wurde anschließend ein BENESlider (33-54599, 240g-Federn) auf einem Gipsmodell des Oberkiefers mit Laboranaloge der Miniimplantate (33-54425) hergestellt und dem Patienten eingesetzt (► **Abb. 3a**). Als Modifikation wurde im anterioren Bereich des Verankerungsbogens beidseits je ein BENETube nach Dr. Banach (33-54544) aufgepasst, U-förmig nach labial gebogen und mittels Laserschweißen fixiert. Das rechte BENETube war am Ende rechtwinklig umgebogen, führte an die Palatinalfläche des Zahnes 11 und wurde dort mit adhäsiv mit Flowable-Komposite fixiert. Das linke BENETube war nach labial mittig in die Lücke regio 21 ausgerichtet und endete mit einer kleinen Öse, die als Verankerungspunkt für das EWC-System (► **Abb. 3b**) dienen sollte. Die Distalisation der oberen Molaren im ersten und zweiten Quadranten bis zu einer Klasse-I-Okklusion erfolgte durch regelmäßige Aktivierung der Druckfedern des BENESlider im Abstand von 4 Wochen.

Im nächsten Behandlungsschritt erfolgte durch einen Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie die Freilegung der Palatinalfläche der Krone des dilazierten Zahnes 21 bis zur Schmelz-Zement-Grenze unter Bildung eines Mukoperiostlappens sowie die adhäsive Fixierung des Klebeattachments einer EWC-90-Feder (Adenta) mit lighthärtendem Flowable-Komposit mittels Säure-Ätz-Technik. Nach Durchführung der Probeaktivierung (ca. 150 cN) wurde der Mukoperiostlappen reponiert, mit Nahtmaterial fixiert und das Federende nach kaudal ausgeleitet (► **Abb. 3c**).

Der Unterschied zwischen der „normalen“ EWC-Feder (► **Abb. 3b**, oben) und der EWC-90-Feder (► **Abb. 3b**, unten) liegt im Freiheitsgrad. Während bei der ersten Variante durch den engsitzenden Clip am Lingualbutton der dritte Freiheitsgrad gesperrt ist und dadurch die Antirotation gewährt ist, war sie in diesem Fall nicht erwünscht. Durch die geplante Fixierung der Feder an der Palatinalfläche der nach kranial inklinierten Krone würden hier unerwünschte Drehmomente entstehen. Beim Federtyp EWC-90 wird durch die „lockere“, kardanische Verbindung zwischen Öse und Zugfeder der dritte Freiheitsgrad freigegeben. Die Krone des dilazierten

Zahnes konnte sich somit ungehindert nach kaudal bewegen. Anzuwenden ist dieser Federtyp bei allen Zähnen, bei denen eine Zugrichtung senkrecht zur Klebefläche erforderlich ist.

Eine Woche nach Freilegung erschien der Patient wieder in der Praxis zur Nahtentfernung und ersten Aktivierung des EWC-Systems. Dazu wurde das Zugfederende zum Verankerungspunkt am linken Ausleger des BENESlider ausgerichtet und derart gekürzt, dass ein Abstand von 1 mm zur Öse vorlag. Am Federende wurden 3 Federwindungen mittels eines Ligaturen-Cutters abgegriffen und diese mit einer Drahtligatur unter Aktivierung der Feder um 1 mm an der Öse fixiert (► **Abb. 3c**). Durch den Abstand von 1 mm war eine initiale Zugkraft von ca. 16cN gewährleistet [16]. Im Abstand von 4 Wochen erfolgte durch jeweilige Kürzung der Feder um 1 mm und erneutes Anliegen an die Öse eine Nachaktivierung und somit schrittweise Extrusion des Zahnes 21.

10 Monate nach der Freilegung war die Inzisalkante des Zahnes 21 als vestibuläre Auswölbung der Mukosa sichtbar und deutlich zu palpieren (► **Abb. 3d**). Während bisher die Zugrichtung mittig in die Zahnücke regio 21 nach kaudal verlief, wurde jetzt durch die klinisch sichtbare Lage des Zahnes eine Änderung der Zugrichtung nach disto-kaudal notwendig. Durch ein Abbiegen des Auslegearmes am linken anterioren BENETube mit Öse nach distal konnte dies relativ leicht erreicht werden (► **Abb. 3d**). Die Aktivierung der Feder erfolgte dann weiterhin im Abstand von 4 Wochen wie zuvor beschrieben. In derselben Behandlungssitzung wurde parallel Zahn 11 bukkal mit einem Bracket (Edgewise-Apparatur mit vorgetorqueten Brackets, Slot 0,018“) beklebt und ein 0,016“-SS-Rundbogen an Zahn 11 und den Molarentubes 16 und 26 eingegliedert. Die palatinal Klebeverbindung (Verankerung) des Zahnes 11 zum rechten Auslegearm des BENESlider wurde entfernt und eine Druckfeder zwischen Bracket 11 und Tube 26 auf dem Bogen um 2 mm aktiviert (Nachaktivierung alle 4 Wochen). Damit konnte die notwendige Distalisation von Zahn 11 zur Öffnung der Zahnücke für die Einstellung des dilazierten Zahnes und zur Korrektur der alveolären Mittellinienverschiebung eingeleitet werden (► **Abb. 3d**). 3 Monate später war diese beendet und Zahn 11 wurde mit einem Teilbogen (0,016“×0,022“ SS) ausgehend von Tube 16 gehalten (► **Abb. 3e**). Gleichzeitig wurde die zu kurze und damit nicht mehr nachaktivierbare Zugfeder entfernt und durch einen PowerTube 0,025“ (Ormco B.V., Niederlande) zur weiteren Traktion des dilazierten Zahnes 21 nach disto-kaudal ersetzt (► **Abb. 3e**).

Bereits nach einem weiteren Monat war der Abstand des Klebeattachments zum Verankerungspunkt (Öse am linken Auslegearm des BENESlider) so kurz geworden, dass eine Umstellung der Verankerung vorgenommen werden musste. Ein einfaches Abbiegen des Auslegearmes mit Öse am linken BENETube nach kaudal/okklusal war leider aufgrund ansonsten entstehender okklusaler Kontakte mit der elongierten unteren Front nicht möglich. Selbst eine Aufbissplatte im Unterkiefer brachte nur kurzzeitig eine Verbesserung und es musste von der direkten skelettalen Verankerung zu einer indirekten Verankerung übergegangen werden. Hierzu wurden das linke, nicht mehr benötigte BENETube mit Auslegearm vom BENESlider abgetrennt und Zahn 11 am Auslegearm des rechten BENETube erneut palatinal adhäsiv mittels Flowable-Komposit fixiert. Zahn 22 wurde bukkal mit einem Bracket beklebt und über einen kurzen Teilbogen (0,016“×0,022“ SS) mit einer Step-Up-Stufe von 2 mm nach okklusal zwischen Zahn 11 und 22 mit dem jetzt ske-

lettal indirekt verankerten Zahn 11 verbunden (► **Abb. 3f**). Vom Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen wurde der dilazierete Zahn anschließend mithilfe eines apikalen Verschiebelappens erneut freigelegt und eine neue EWC-Feder auf der Labialfläche der Krone aufgebracht (► **Abb. 3f**). Als neuer Verankerungspunkt der Feder diente nun die Mitte des Teilbogens zwischen Zahn 11 und 22. Zahn 12 wurde auf Wunsch des Patienten zur Verbesserung der Ästhetik bukkal mit einem Bracket beklebt und passiv an den 0,016“-SS-Rundbogen ligiert, der im Bereich der Brackets 11 und 22 nun hinter den oberen Bracket-Flügelchen geführt wurde (► **Abb. 3f**). Es folgte eine Aktivierung der neuen EWC-Feder im Abstand von 4 Wochen wie zuvor beschrieben, bis diese nach 9 Monaten nicht weiter aktivierbar war und durch ein PowerTube 0,025“ (Ormco B.V.) ersetzt werden musste (► **Abb. 3g**). Zwischenzeitlich waren auch die Eckzähne und Prämolaren im oberen und unteren Zahnbogen soweit durchgebrochen, dass sie mit Brackets beklebt und in die Behandlung mit einbezogen werden konnten (► **Abb. 3g**). Die Nivellierungsphase begann jeweils mit einem 0,014“-Nitinolbogen. Um die Kraft am einzuordnenden Zahn zu reduzieren, wurde der PowerTube 0,025“ nur am Nitinol-Bogen fixiert (► **Abb. 3g**). Durch diese Maßnahme konnte der Zahn 21 sanft soweit extrudiert werden, dass das Eyelet der Zugapparatur entfernt und durch ein Bracket ersetzt werden konnte (► **Abb. 3h**). Die indirekte skeletale Verankerung und der Teilbogen von Zahn 11 auf 22 waren zu diesem Zeitpunkt nicht mehr notwendig, sodass die palatinale Verankerung am Zahn 11 zusammen mit dem BENEslider und der Teil-

bogen entfernt werden konnten. Die weitere Extrusion des Zahnes 21 erfolgte mittels eines durchgehend von Zahn 16 nach 26 einligierten flexiblen Supercable-Bogens in der Dimension 0,016“ (SPEED System Orthodontics, Cambridge, Ontario, Kanada) (► **Abb. 3h**). Die weitere Nivellierung erfolgte anschließend über einen 0,014“- und 0,016“-Nitinol-Bogen, bis der dilazierete Schneidezahn 21 seine vertikale Endposition nach 30 Monaten erreicht hatte (► **Abb. 3i**).

Abschließend wurde im oberen Zahnbogen ein 0,017“x0,025“ TMA (Titan-Molybdän-Alloy) T-Loop-Kontraktionsbogen zur Verkleinerung der Lücken zwischen den seitlichen oberen Schneide- und Eckzähnen eingesetzt (► **Abb. 3i**). Die Nivellierung des unteren Zahnbogens und die damit verbundene Bisshebung wurde über einen 0,016“x0,022“ Nitinol-Bogen und letztlich einen 0,016“x0,022“-Stahlbogen mit individuell eingebogenen vertikalen Stufen mesial und distal der Eckzahnbrackets erreicht (► **Abb. 3i**).

Behandlungsergebnis

Die Gesamtbehandlungszeit, gerechnet vom Einsetzen des BENEslider bis zur Ausgliederung der Multibracketapparatur, betrug 3 Jahre und 2 Monate. Die Einordnung des dilazierten Schneidezahnes 21 vom Zeitpunkt der ersten Aktivierung der EWC-90-Feder bis zum Erreichen der korrekten Vertikalposition nahm 30 Monate in Anspruch. Der verlagerte dilazierete Zahn 21 konnte erfolgreich in den nivellierten Zahnbogen eingeordnet werden (► **Abb. 4a–d**). Eine Klasse-I-Verzahnung im Eckzahn- und Mola-



► **Abb. 4 a–c** Intraoraler Fotostatus und **d** Panoramaschichtaufnahme (PSA) nach Abschluss der Therapie.

renbereich wurde beidseitig erreicht. Der ursprünglich tiefe Biss mit traumatischem Einbiss in die Gaumenschleimhaut konnte auf eine physiologische Höhe eingestellt werden. In der kephalometrischen Auswertung zeigte sich eine sagittale Mesialentwicklung des Unterkiefers im Therapiezeitraum in eine skeletale Klasse III mit kompensatorischer Proklination der oberen Front bei nahezu unveränderter vertikaler Inklination der Kieferbasen (► **Tab. 1**).

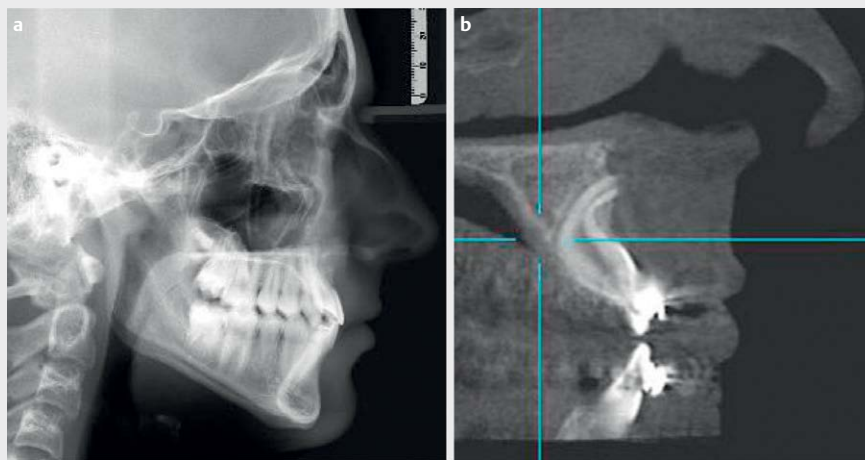
Klinische und radiologische (► **Abb. 5a–b**) Untersuchungen zu Behandlungsabschluss wiesen darauf hin, dass die Wurzelspitze bei jetzt korrekter Achsenneigung der Zahnkrone die labiale Kortikalischicht perforiert hatte. Ein mit Kältespray durchgeführter Sensibilitätstest des Schneidezahns zeigte eine positive Reaktion bei gleichem Empfinden im Vergleich zu den benachbarten Inzisivi. Die Wurzelspitze war hoch im Vestibulum palpierbar, allerdings durch das breit ansetzende Lippenbändchen kaschiert und nicht sichtbar. Anzeichen für Zahnwurzelresorptionen, parodontale Probleme (Sondierungstiefen > 3 mm) oder iatrogene Schäden waren mit Ausnahme von vereinzelt White-Spot-Läsionen, v. a. an den oberen Inzisiven, nicht festzustellen. Nach Abschluss der Behandlung wurde der Patient an einen Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie für eine potentielle chirurgische Korrektur des oberen Lippenbändchens sowie eine Exzision der dritten Molaren verwiesen, da aufgrund des radiologisch ersichtlichen Platzmangels ein regulärer Durchbruch nicht zu erwarten war. Zudem erfolgte eine Überweisung zu einem Allgemeinzahnarzt für einen odontoplastischen Aufbau der etwas hypoplastischen oberen lateralen Inzisiven zum Schluss verbleibender Zahnlücken und zur Verbesserung der dentalen Ästhetik.

Als Retentionsgeräte waren im oberen Zahnbogen ein palatinaler Kleberretainer über die 4 Frontzähne (TMA – 0,018“ rund) und eine Tiefziehschiene (Ø 7 mm) vorgesehen. Im unteren Zahnbogen wurde ein Lingualretainer aus Twistflexdraht (Penta-One 0,0215“, Masel Orthodontics, Carlsbad, USA) an den Schneide- und Eckzähnen in Verbindung mit einem herausnehmbaren Hawley-Retainer eingesetzt. Die herausnehmbaren Apparaturen sollten 14 Stunden pro Tag ein halbes Jahr lang getragen werden, danach nur noch nachts.

Diskussion

Im vorliegenden Fallbericht beschreiben wir eine erfolgreiche kieferorthopädische Einstellung eines verlagerten dilazierten oberen mittleren Inzisivus unter Erhaltung der Vitalität des betreffenden Zahnes. Frühere Berichte über eine erfolgreiche kieferorthopädische Einstellung von dilazierten Schneidezähnen weisen dabei mit wenigen Ausnahmen nicht auf die Problematik der Verankerungsqualität hin [2, 11–15, 20–24]. Diese ist während der gesamten Behandlungszeit von höchster Wichtigkeit, um unerwünschte Nebeneffekte wie eine Intrusion oder Kippung von Nachbarzähnen zu vermeiden. Stehen bei einem späteren Behandlungsbeginn [15] in der zweiten Wechselgebissphase genügend bleibende Zähne zur Verfügung, können diese in ihrer Gesamtheit in Verbindung mit einem rigiden Stahlbogen als Verankerung ausreichen. Soll aber die Behandlung früher begonnen werden, müssen entsprechende zusätzliche Hilfsmittel angewendet werden. Chaushu und Becker [22] empfehlen einen an die Molarenbänder horizontal gelöteten Transpalatinalbogen – u.U. ergänzt mit einem Nance-Button – in Verbindung mit einem von den Molarenröhrchen ausgehenden labial verlaufenden Bogen, der sich im Querschnitt verändert. Im Seitenzahnggebiet bis zu den Milcheckzähnen beträgt dieser 0,020“, im Frontzahnbereich ist er auf 0,016“ reduziert. Die bereits durchgebrochenen Schneidezähne sollen nach Chaushu und Becker [22] über Begg-Brackets ligiert, der einzustellende Zahn jedoch mittels einer verdrehten Drahtligatur an den Bogen angebunden werden, die in zeitlichen Abständen zu kürzen ist.

Pavlidis et al. [23] verankerten im Molarenbereich ebenfalls über einen Transpalatinalbogen (nach Burstone), jedoch mit grazilerer Verbindung zu den Frontzähnen als im vorliegenden Fallbericht. Die Autoren verbanden die bleibenden Inzisiven mit den Molaren mittels eines 0,016“x0,022“-Stahlbogens in Form eines klassischen Utility-Arches und applizierten eine kontinuierliche Zugkraft von 60–90 cN auf den verlagerten Zahn, ausgehend vom Hauptbogen und einer damit verbundenen Cantilever-Mechanik. Als unerwünschter Nebeneffekt stellte sich nach 9 Monaten ein frontal offener Biss ein, der erst später mit einer kompletten Multibracket-Apparatur geschlossen werden konnte.



► **Abb. 5** a Fernröntgenseitenbild (FRS) und b DVT-Bildgebung (2D-Sagittalebene regio 21) nach Abschluss der Therapie.

Wenn dental keine ausreichend stabile Verankerung erreicht werden kann, bspw. im frühen oder beginnenden späten Wechselgebiss, sollte eine skelettale Verankerung angewendet werden. Hierzu existieren 2 Verfahren: osseointegrierte dentale Implantate inklusive des zentralen Gaumenimplantats und nicht-osseointegrierte Miniplatten und Minischrauben. Bereits 2004 beschrieben Park et al. [25] einen Fall, bei dem zur Einstellung eines verlagerten Zahnes im Oberkiefer eine Minischraube im Unterkiefer als Verankerung zum Einhängen von Elastics verwendet wurde.

Die Untersuchungen von Kang et al. [26] über die Knochendichte im Gaumen für den Einsatz von Minischrauben waren die Grundlage für die Entwicklung des BENEfit-Systems. Die hierbei verwendeten Minischrauben haben einen größeren Durchmesser und dadurch eine höhere biomechanische Stabilität [27] als konventionelle Minischrauben, die im Alveolarfortsatz inseriert werden. Eine zusätzliche Stabilität im anterioren Gaumenbereich generiert die Rigidität der befestigten Gingiva [27]. Beides zusammen erhöht die Erfolgsrate dieses Systems auf 94,7% [28].

Daskalogiannakis und McLachlan [29] konnten zeigen, dass die durchschnittliche Zahnbewegungsgeschwindigkeit bei Applikation von kontinuierlichen Kräften doppelt so hoch ist wie bei intermittierenden. Dagegen fanden Ballard et al. [30] eine zunehmende Häufigkeit von externen Wurzelresorptionen bei Anwendung von kontinuierlichen Kräften. Bei der Anwendung des EWC-Systems [16] zur Einstellung von verlagerten Zähnen wird eine kontinuierlich abfallende Kraft für einen Zeitraum von 4 Wochen erzeugt, während die totale Kraftabgabe diskontinuierlich ist, da die Edelstahlfeder alle 4 Wochen einer Nachaktivierung bedarf. Therapeutische Empfehlungen zur Einstellung verlagelter Zähne differieren in der Literatur sowohl bezüglich der eingesetzten Kräfte als auch der notwendigen Behandlungszeiten. Vergleichende Analysen sind schwierig infolge der Inhomogenität des Patientenkollektivs und der Behandlungstechniken. Eine Gemeinsamkeit lässt sich herausarbeiten: Die Bewegung des verlagerten Zahnes sollte mit geringen Kräften erfolgen. In diesem Behandlungsfall wurde den Empfehlungen von Adrian Becker [31] gefolgt, eine Kraftgröße von 0,2 N bis 0,4 N pro cm² Wurzeloberfläche einzusetzen. Unterschiedliche Bewegungsrichtungen erfordern unterschiedliche Kraftgrößen in Abhängigkeit von der Wurzeloberfläche des zu bewegenden Zahnes. Auskunft darüber gibt bspw. die „Root-Rating-Scale“ von Ricketts et al. [32]. Daraus ergibt sich für einen oberen mittleren Schneidezahn eine reaktive Wurzeloberfläche von 0,5 cm² bei einer antero-posterioren Bewegungsrichtung und von 0,4 cm² bei einer Extrusionsbewegung. Da die Wurzel eines dilazierten Schneidezahnes zum Zeitpunkt der Behandlung im frühen Wechselgebiss noch nicht voll entwickelt ist, sollte er nur mit sehr niedrigen Kräften von 0,1 cN bis 0,2 cN bewegt werden.

In den letzten Jahren werden zunehmend Studien und Fallberichte publiziert, in denen Kieferorthopäden skelettale direkte oder indirekte Verankerungsmechaniken zur Einordnung verlagelter Zähne einsetzten [28, 33, 34]. Wie bereits in einem früheren Fallbericht beschrieben, lassen sich mit diesen minimalistischen, relativ nebenwirkungsarmen Behandlungsmaßnahmen impaktierte Schneidezähne bestens einstellen [35]. Auch im vorliegenden Behandlungsfall wurde ein ähnlicher Weg beschritten mit dem Unterschied, dass gleichzeitig im oberen Zahnbogen die Seitenzähne

distalisiert und dem Patienten eine spätere aufwendige Distalisation mit extraoraler Verankerung erspart werden konnte.

Eine Prognose von Behandlungserfolg und -dauer bei der kieferorthopädischen Einordnung von dilazierten Schneidezähnen ist generell schwierig. Es gibt diesbezüglich nur wenige Studien [22] mit einem entsprechend großen und dadurch aussagekräftigem Patientenpool, während die meisten Untersuchungen nur einen oder wenige Patienten umfassen [21]. Eine Gemeinsamkeit lässt sich herausarbeiten: Die Prognose für ein kombiniert kieferorthopädisch-chirurgisches Vorgehen ist im frühen Wechselgebiss als „gut“ einzustufen, wenn keine limitierenden Faktoren wie eine Ankylosierung sowie invasive zervikale Wurzelresorptionen vorliegen. Die Behandlungszeiten sind jedoch lang und abhängig von der vertikalen Lage des impaktierten Zahnes [36].

Bezüglich der im geschilderten Fallbericht aufgetretenen Situation, dass die Wurzelspitze des eingeordneten dilazierten Schneidezahns die labiale Kortikalisschicht perforiert, können keine allgemeingültigen Empfehlungen oder Langzeitprognosen gegeben werden. Es scheint individuell vom Empfinden des Patienten abhängig zu sein, ob bei der Palpation der Schleimhaut über der Wurzelspitze ein Missgefühl oder Schmerzen auftreten. Uematsu et al. [24] ließen aus diesem Grund bei ihrem Patienten eine Apikotomie (Wurzelspitzenresektion) mit retrograder endodontischer Behandlung durchführen. Von Crescini und Doldo [20] wird dieser Eingriff generell empfohlen, wenn ein „akuter Wert“ für den zwischen Zahnkrone und -wurzel gebildeten Winkel überschritten ist. Chang et al. [37] beschreiben einen Patienten, bei dem die labiale Kortikalisschicht perforiert war und der Zahn trotzdem seine Vitalität behielt. Diese Situation lag auch bei dem von uns behandelten Patienten vor.

Schlussfolgerungen

Für die Einstellung dilazierter Schneidezähne steht dem Behandler heute eine Vielzahl von klinisch erprobten Behandlungswegen zur Verfügung. Im beschriebenen Fallbericht konnte unter Anwendung einer skelettalen Verankerung und des EWC-Systems im frühen Wechselgebiss ein dilazierter mittlerer oberer Schneidezahn erfolgreich kieferorthopädisch unter Erhaltung der Zahnvitalität eingestellt werden. Seit Einführung der TADs (Temporary Anchorage Devices) konnte das Verankerungsproblem bei der Einstellung verlagelter Zähne zwar nicht völlig beseitigt, jedoch erheblich abgemildert werden. Dadurch können Behandlungsabschnitte, die früher zwingend nacheinander durchgeführt werden mussten, heute kombiniert erfolgen, was wiederum eine positive Auswirkung auf die Gesamtbehandlungszeit zur Folge hat.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht, mit Ausnahme von Dr. Michael Schubert, der ein Patent (102007048695) des Deutschen Patent- und Markenamtes München (01.07.2010) und persönliche Bezüge für das im Fallbericht eingesetzte EWC-System der Firma Adenta GmbH offenlegt (Gilching, Deutschland).

Literatur

- [1] Rudzki-Janson I. Die mittleren Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne des Menschen: Eine kritische Analyse bisheriger Forschungsergebnisse, verbunden mit einer Untersuchung an Münchner Kindern: Med. F., Diss. München: 1970
- [2] Becker A. Maxillary central incisors. In: Becker A, (Hrsg.). Orthodontic treatment of impacted teeth. 3 Aufl. Chichester West Sussex, UK: [u. a.]Wiley-Blackwell; 2012: 70–109
- [3] Zilberman Y, Malron M, Shteyer A. Assessment of 100 children in Jerusalem with supernumerary teeth in the premaxillary region. *ASDC J Dent Child* 1992; 59: 44–47
- [4] Yeung KH, Cheung RCT, Tsang MMH. Compound odontoma associated with an unerupted and dilacerated maxillary primary central incisor in a young patient. *Int J Paediatr Dent* 2003; 13: 208–212
- [5] Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell; 2019
- [6] Di Biase DD. The effects of variations in tooth morphology and position on eruption. *Dent Pract Dent Rec* 1971; 22: 95–108
- [7] Tomes J. A course of lectures on dental physiology and surgery delivered at the Middlesex Hospital School. London: John W. Parker; 1848
- [8] Shafer WG, Hine MK, Levy BM. A textbook of oral pathology, 4 Aufl. Philadelphia: [u. a.]Saunders; 1983
- [9] Tiecke RW. Pathologic physiology of oral disease. St. Louis: Mosby; 1959
- [10] Andreasen JO, Sundström B, Ravn JJ. The effect of traumatic injuries to primary teeth on their permanent successors. I. A clinical and histologic study of 117 injured permanent teeth. *Scand J Dent Res* 1971; 79: 219–283
- [11] Kuvvetli SS, Seymen F, Gencay K. Management of an unerupted dilacerated maxillary central incisor: a case report. *Dent Traumatol* 2007; 23: 257–261
- [12] Farronato G, Maspero C, Farronato D. Orthodontic movement of a dilacerated maxillary incisor in mixed dentition treatment. *Dent Traumatol* 2009; 25: 451–456
- [13] Celli D, Greco AL, Sferra S et al. Management of impacted dilacerated maxillary incisor with strategic positioning of a straightwire appliance. *Eur J Paediatr Dent* 2015; 16: 191–196
- [14] Pinho T, Neves M, Alves C. Impacted maxillary central incisor: surgical exposure and orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 140: 256–265
- [15] Singh H, Kapoor P, Sharma P et al. Interdisciplinary management of an impacted dilacerated maxillary central incisor. *Dental Press J Orthod* 2018; 23: 37–46
- [16] Schubert M. The alignment of impacted and ectopic teeth using the Easy-Way-Coil (EWC) System. *J Orofac Orthop* 2008; 69: 213–226
- [17] Schubert M, Proff P, Kirschneck C. Successful treatment of multiple bilateral impactions – a case report. *Head Face Med* 2016; 12: 24
- [18] Breunig A, Kirschneck C. Kieferorthopädische Therapie von Nichtanlagen – Lückenschluss oder Lückenöffnung? *Quintessenz* 2016; 67: 1–11
- [19] Wilmes B, Drescher D, Nienkemper M. A miniplate system for improved stability of skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 2009; 43: 494–501
- [20] Crescini A, Doldo T. Dilaceration and angulation in upper incisors consequent to dental injuries in the primary dentition: orthodontic management. *Prog Orthod* 2002; 3: 29–41
- [21] Lei L, Yan F, Li H et al. Treatment of Dilacerated Incisors in Early and Late Stages of Root Development. *J Clin Orthod* 2015; 49: 497–507
- [22] Chaushu S, Becker T, Becker A. Impacted central incisors: factors affecting prognosis and treatment duration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 147: 355–362
- [23] Pavlidis D, Daratsianos N, Jäger A. Treatment of an impacted dilacerated maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139: 378–387
- [24] Uematsu S, Uematsu T, Furusawa K et al. Orthodontic treatment of an impacted dilacerated maxillary central incisor combined with surgical exposure and apicoectomy. *Angle Orthod* 2004; 74: 132–136
- [25] Park H-S, Kwon O-W, Sung J-H. Micro-implant anchorage for forced eruption of impacted canines. *J Clin Orthod* 2004; 38: 297–302
- [26] Kang S, Lee S-J, Ahn S-J et al. Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131: S74–S81
- [27] Wilmes B, Ottenstreuer S, Su Y-Y et al. Impact of implant design on primary stability of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop* 2008; 69: 42–50
- [28] Nienkemper M, Wilmes B, Ludwig B et al. Klinische Untersuchung skelettal verankerter Mechaniken zur Einordnung retinierter Zähne. *Kieferorthopädie* 2012; 26: 7–17
- [29] Daskalogiannakis J, McLachlan KR. Canine retraction with rare earth magnets: an investigation into the validity of the constant force hypothesis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109: 489–495
- [30] Ballard DJ, Jones AS, Petocz P et al. Physical properties of root cementum: part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136: 8.e1–8 discussion 8-9
- [31] Becker A, (Hrsg.). Orthodontic treatment of impacted teeth. 3 Aufl. Chichester West Sussex, UK: [u. a.]Wiley-Blackwell; 2012
- [32] Ricketts RM. Bioprogressive therapy. Denver, Col.: Rocky Mountain/Orthodontics; 1979
- [33] Kim KA, Hwang H-S, Chung K-R et al. Recovery of multiple impacted maxillary teeth in a hyperdivergent Class I patient using Temporary Skeletal Anchorage Devices and augmented corticotomy. *Angle Orthod* 2018; 88: 107–121
- [34] Lee M-Y, Park JH, Jung J-G et al. Forced eruption of a palatally impacted and transposed canine with a temporary skeletal anchorage device. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017; 151: 1148–1158
- [35] Schubert M, Hourfar J, Kanavakis G et al. Early management of impacted maxillary incisors with skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 2015; 49: 185–190
- [36] Schubert M, Proff P, Kirschneck C. Improved eruption path quantification and treatment time prognosis in alignment of impacted maxillary canines using CBCT imaging. *Eur J Orthod* 2018; 40: 597–607
- [37] Chang N-Y, Park JH, Kim S-C et al. Forced eruption of impacted maxillary central incisors with severely dilacerated roots. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016; 150: 692–702