

MARC SCHÄTZLE¹
 SVEN MÜHLEMANN²
 MONIKA HERSBERGER-
 ZURFLUH¹
 THOMAS BUSSMANN³
 PATRICK NÄF³
 RAPHAEL PATCAS¹

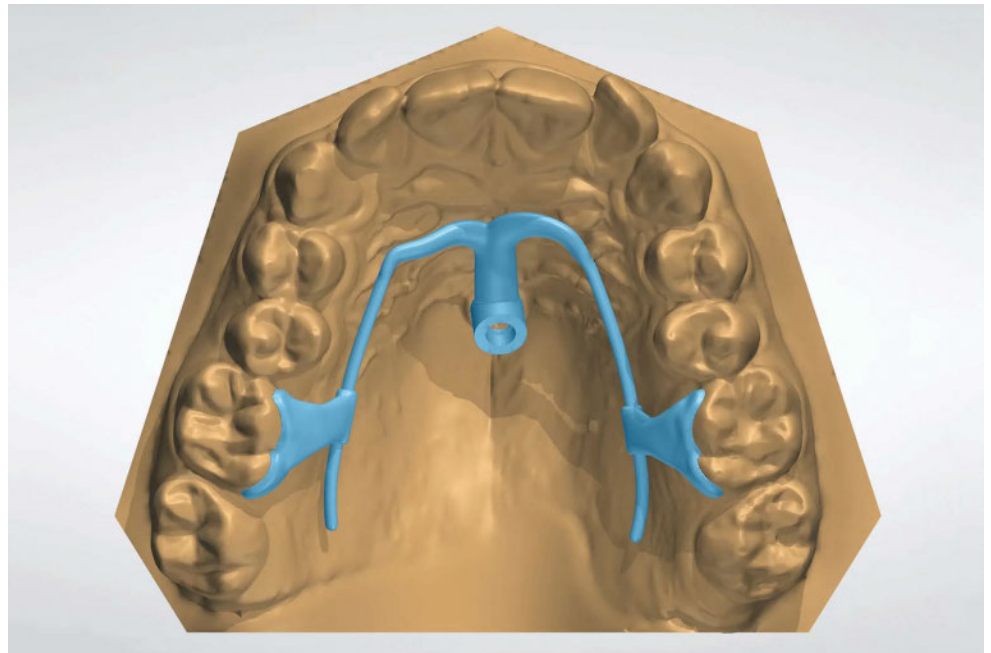
¹ Klinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich
² Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich
³ Busmann Orthodontie-Labor AG, Luzern

KORRESPONDENZ

Prof. Dr. Dr. Marc Schätzle
 Klinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin
 Zentrum für Zahnmedizin
 Universität Zürich
 Plattenstrasse 11
 CH-8032 Zürich
 Tel. +41 44 634 32 14
 Fax +41 44 634 43 04
 E-Mail:
 marc.schaetzle@zsm.uzh.ch

AMENDMENT

The authors would like to acknowledge of the substantial clinical contribution of Dr. Rahel Sahlmann who threatened the case and PD Dr. Ullrich Teuschler, who supervised it, at the Clinic for Orthodontics and Paediatric Dentistry, University of Zurich, Switzerland.



Prothetische Implantate zur kieferorthopädischen Verankerung

Einführung eines komplett digitalen Behandlungsablaufs für den klinischen Einsatz

SCHLÜSSELWÖRTER

Skelettale Verankerung, prothetische Implantate, Suprastruktur, digitaler Workflow, intraoraler optischer Scan

Bild oben: Mithilfe von Freeform Sensable Version 14 (3D Systems, Darmstadt, Deutschland) am Computer desig- nierte (CAD) Suprastruktur

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegenden Fallbericht beschreibt zum ersten Mal die klinische Verwendung eines prothetischen Soft-Tissue-Level-Implantates als kieferorthopädisches Verankerungselement und den komplett digitalen Arbeitsablauf zur Herstellung einer individualisierten Suprastruktur. Ein prothetisches Soft-Tissue-Level-Implantat wurde für eine kieferorthopädische Verankerungsverstärkung im Gaumen inseriert. Nach erfolgreicher Osseointegration erfolgte ein intraoraler optischer Scan. Die entsprechende, individualisierte und fallbezogene Suprastruktur wurde anschliessend ausschliesslich digital

designed (CAD) und hergestellt (CAM). Nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung erfolgte die nicht invasive Entfernung des prothetischen Implantates entsprechend den herkömmlichen Gaumenimplantaten. Der beschriebene digitale und modellfreie labor-technische Arbeitsablauf bietet eine rationelle Behandlungsmöglichkeit zur Herstellung einer individualisierten kieferorthopädischen Suprastruktur zur Verankerungsverstärkung. Weiterführende Forschung mit grösseren Fallzahlen sollte zukünftig durchgeführt werden, um diesen Behandlungsansatz zu bestätigen.

Einleitung

Seit der Einführung von temporären skelettalen Verankerungen (TAD) sind Kieferorthopäden nicht mehr länger auf die nicht vorhersehbare und oft ungenügende Patientenmitarbeit angewiesen (NANDA & KIERL 1992). Kieferorthopädische Gaumenimplantate, wie das Orthosystem® (Abb. 1a, Institut Straumann AG, Basel, Schweiz), bieten eine verlässliche ossäre Verankerung und sind jeglichen anderen zahngestützten und skelettalen Verankerungen überlegen (SCHÄTZLE ET AL. 2009A).

Mittlerweile werden kurze Dentalimplantate (Durchmesser: 4,1 mm; Länge: 4 mm; Oberfläche: 65,5 mm², Abb. 1b) erfolgreich in der Prothetik eingesetzt (SLOTTE ET AL. 2012, 2015). Diese Implantate weisen sehr ähnliche Dimensionen wie gewöhnliche Gaumenimplantate auf (Durchmesser: 4,1 mm; Länge: 4,2 mm; Oberfläche: 67,7 mm², Abb. 1a). Obwohl bis jetzt nicht untersucht, würde die Verwendung von kurzen prothetischen Implantaten zur kieferorthopädischen Verankerungsverstärkung eine plausible Alternative darstellen. Die Verwendung eines bereits etablierten Implantationskits vereinfacht den Behandlungsablauf und macht ihn zuverlässiger. Durch den Einsatz einer kleinen Verschlusskappe kann die Angriffsfläche beim Verwenden eines Dentalimplantates im Gaumen für eine allfällige Zungenparafunktion minimiert werden. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da mechanische Überlastung durch Parafunktionen der Zunge zu einem Frühverlust von Gaumenimplantaten führen kann (ASSCHERICKX ET AL. 2010).

Zudem erlaubt das Vorhandensein eines Scankörpers (Abb. 3) die intraorale optische Scanaufnahme (IOS) des Implantates und die nachfolgende Verarbeitung in einem digitalen Workflow.

Anhand des vorliegenden Fallberichts soll das Machbarkeitsprinzip eines neuen digitalen Behandlungsablaufs zur Herstellung einer individualisierten Suprastruktur fixiert auf einem kurzen prothetischen Implantat zur kieferorthopädischen Verankerungsverstärkung aufgezeigt werden.

Patienten, Material und Methodik

Ein fast 20-jähriger Patient (19-10), der sich an der Oberkiefer-Frontzahnästhetik störte, ersuchte um kieferorthopädische Behandlung. Die intraorale Untersuchung (Abb. 2) zeigte einen Tiefbiss, eine Kl.-II-Tendenz der Molarenrelation bei einem moderaten Engstand im Oberkiefer (-3,5 mm) und Unterkiefer (-2,2 mm). Die dentalen Mittellinien waren zueinander und zum Gesicht zentriert. Der Patient mit unauffälliger dentalen Anamnese wies keine allgemein medizinischen Probleme auf.



Abb. 1 a: Dreieckförmiger Orthosystem®-Implantatkopf (Institut Straumann AG, Basel/Schweiz) zur Verbindung mit der Suprastruktur (links) b: Soft-Tissue-Level-Implantat, Standard Plus, Ø 4,1 mm, Länge 4 mm, Plattform RN – Regular Neck, Schulter-Ø 4,8 mm (Institut Straumann AG, Basel/Schweiz) (rechts)

Das Ziel der geplanten kieferorthopädischen Behandlung beinhaltete die Korrektur des Tiefbisses, das Auflösen des Engstandes in beiden Kiefern und das Erreichen einer Kl.-I-Verzahnung der Molaren bei adäquatem Overbite und Overjet. Aufgrund des Weichteilprofils wurde ein Non-Extraktionsbehandlungskonzept angestrebt. Die Engstandsauflösung in beiden Kiefern und das Erreichen der intermaxillären Kl.-I-Molarenrelation sollte dabei ohne übermässige proximale Schmelzreduktion (Stripping) und Protrusion der Unterkieferfrontzähne erfolgen. Zu diesem Zwecke musste die ganze Oberkieferdentition gegen eine skelettale Verankerung distalisiert werden.

Ein prothetisches Implantat (Soft Tissue Level, SLActive® Oberfläche, Standard Plus von 4,1 mm Durchmesser und 4 mm Länge, Institut Straumann AG, Abb. 1b) wurde im Gaumen inseriert. Unter Lokalanästhesie wurde die palatinale Mukosa mittels einer Stanze bis auf den kortikalen Knochen perforiert und schonend entfernt. Das Implantatbett wurde nach Herstellerangaben unter ständiger Kühlung mit physiologischem Kochsalz aufbereitet. Im Gegensatz zum herkömmlichen Gaumenimplantat (Abb. 1a) musste zusätzlich ein Gewindeschneider eingesetzt werden, da das prothetische Implantat über kein selbstschneidendes Gewinde verfügt.

Nach einer 3-monatigen transmukosalen Einheilphase wurde die Osseointegration des Implantats festgestellt und danach direkt mit dem aufgeschraubten Mono-Scankörper (Straumann® Mono Scan body RN, Abb. 3) eine intraorale optische Scanabformung (IOS) durchgeführt. Die Scandaten der Abformung (3Shape TRIOS, 3Shape, Kopenhagen, Dänemark) wurden im standardisierten STL-Format exportiert und über die proprietäre Transferplattform (3shapcommunicate, 3Shape, Kopenhagen, Dänemark) an das digitale Labor übermittelt. Anschliessend wurde die individualisierte Suprastruktur entsprechend dem Behandlungsplan am Computer (CAD) komplett virtuell designt (Freeform Sensable Version 14, 3D Systems, Darmstadt, Deutschland) und nach Designfreigabe des Behandlers mittels pulverbettbasierter Laserschmelztechnologie (Mlab Concept Laser, Concept Laser GmbH, Lichtenfels, Deutschland) hergestellt (Abb. 4a,b).

Nach Erreichen einer Kl.-I-Verzahnung bei den Molaren wurden gewöhnliche Edgewise-Apparaturen (0,018 inch slot size) in beiden Kiefern geklebt, um den Engstand aufzulösen und den Tiefbiss zu korrigieren. Das Behandlungsergebnis wurde abschliessend mit Eckzahn-zu-Eckzahn einzelgeklebten Edelstahl-Retainern (0,016 × 0,016 milli-inch im Oberkiefer, 8 milli-inch rund im Unterkiefer) stabilisiert (PATCAS & PEDROLI 2012) (Abb. 5).

Nach abgeschlossener kieferorthopädischer Behandlung wurde die Gaumenimplantatentfernung veranlasst. Die Explantation wurde ähnlich wie die für Gaumenimplantate beschriebene nicht-invasive Methode (HÄNGGI ET AL. 2015) durchgeführt. Lediglich ein topisches Anästhetikum (Emla-Salbe, Aspen Pharma Schweiz GmbH, Baar, Schweiz) wurde appliziert, bevor das 48-h-Explantationsinstrument für Soft-Tissue-Level-Implantate in der internen synOcta®-Verbindung platziert und anschliessend von Hand mit der Okklusalschraube fest fixiert wurde. Nach Überprüfung der exakten Position des Explantationswerkzeugs erfolgte mit der aufgesetzten Ratsche eine kleine Drehung in Ausdrehrichtung. Es konnte dabei ein kleiner Ruck festgestellt werden, einhergehend mit dem Lösen der Osseointegration und der damit verbundenen Lockerung des Gaumenimplantates. Anschliessend konnte das Implantat mühelos ausgedreht werden (Abb. 6).

Abb. 2 Intraorale Mundaufnahme vor Behandlungsbeginn



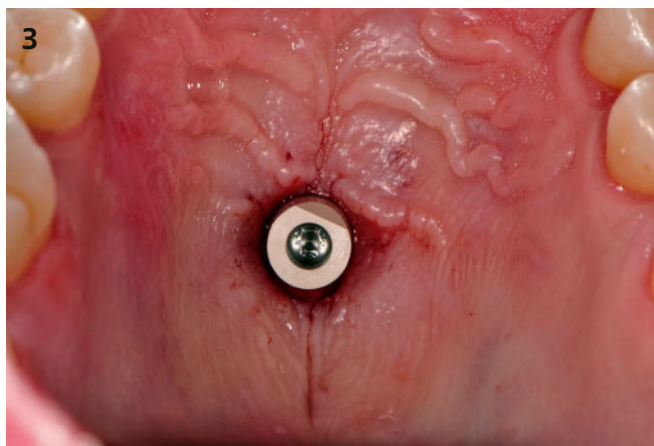
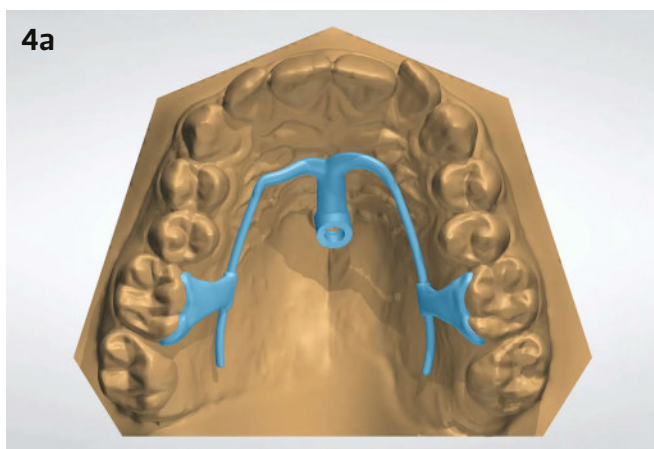


Abb. 3 Soft-Tissue-Level-Implantat, Standard Plus mit Mono-Scankörper. Es gilt dabei zu beachten, dass die Referenzfläche nach anterior ausgerichtet ist, da der Scankörper beim Scanvorgang von distal her nur schlecht erfasst werden kann.

Abb. 4 a, b Mithilfe von Freeform Sensable Version 14 (3D Systems, Darmstadt, Deutschland) am Computer designte (CAD) und hergestellte (CAM) Suprastruktur direkt geklebt auf 16 und 26



Basierend auf dem Kantonalgesetz fällt dieser Fallbericht nicht in den Bereich des Human Research Act (HRA), und keine Autorisation durch die kantonale Ethikkommission war erforderlich. Dies wurde durch eine vorgängig eingeholte Unbedenklichkeitserklärung beim Ausschuss des ethischen Komitees abgeklärt und festgestellt, der die ethische und juristische Konformität des Projekts bestätigte (BASEC Nr. Req-. 2018-00505).

Ergebnisse

Eine erfolgreiche Osseointegration des prothetischen Implantates im Bereich des Gaumens konnte nach drei Monaten festgestellt werden. Anschliessend konnte der intraorale optische



Abb. 6 48-h-Explantationsinstrument für Soft Tissue Level SynOcta® Implantate (Institut Straumann AG, Basel, Schweiz) mit dem nicht invasiv entfernten Soft-Tissue-Level-Implantat

Scan erfolgreich für den digitalen Herstellungsprozess verwendet werden.

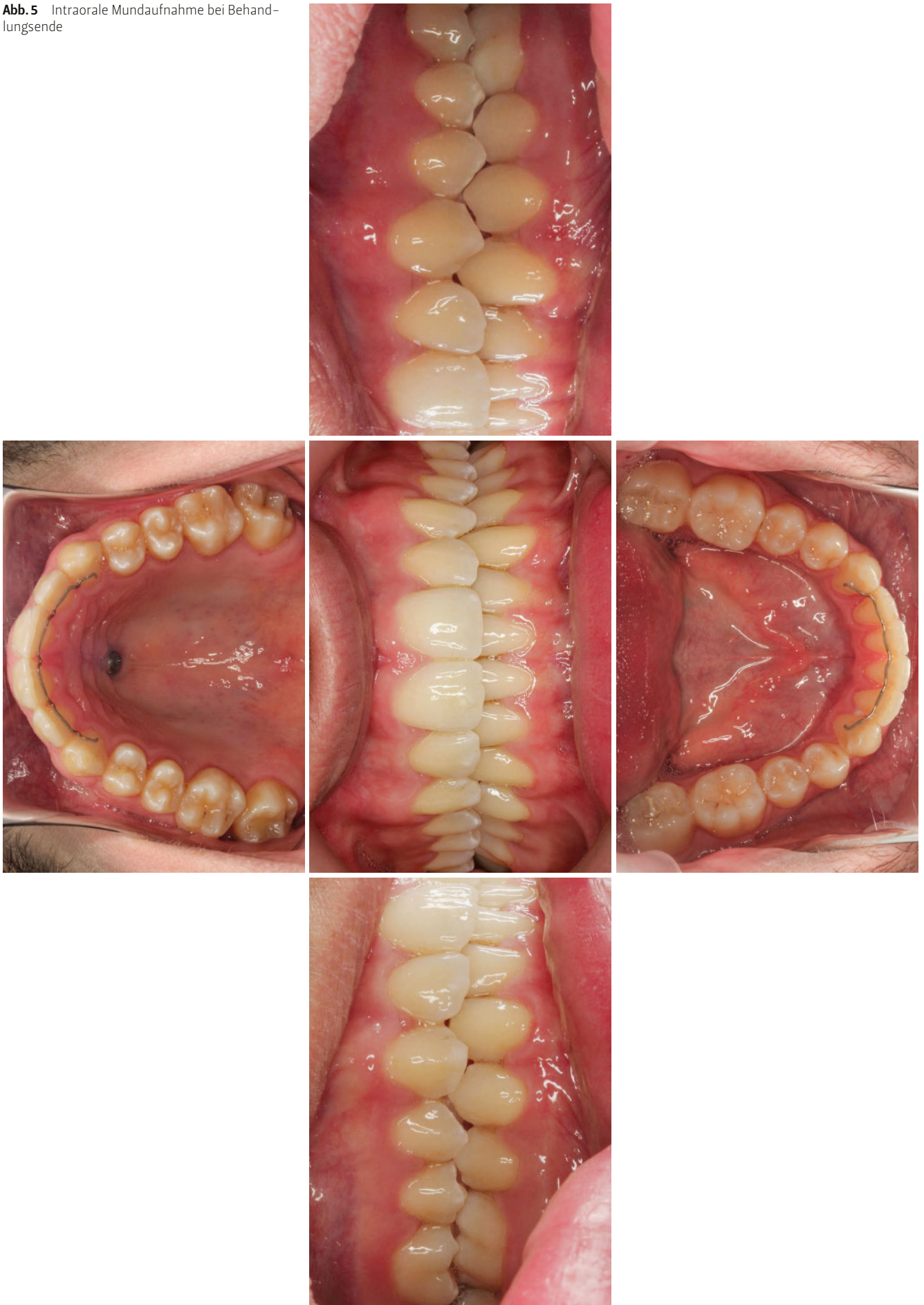
Die im CAD/CAM-Verfahren hergestellte Suprastruktur bedurfte keinerlei Anpassungen oder nachträgliche Änderungen am Patientenstuhl und konnte problemlos dem Patienten für die geplante kieferorthopädische Behandlung eingesetzt werden.

Die nicht invasive Entfernung des prothetischen Implantates lediglich durch Ausschrauben mittels des 48-h-Explantations-schlüssels war eine einfache und atraumatische Methode ohne jeglicher Komplikationen. Die Implantat-Knochen-Verbindung wurde durch eine Ausdrehbewegung der Ratsche gelöst und anschliessend schmerzfrei entfernt. Es traten weder bei der Explantation noch im weiteren Heilungsverlauf unerwünschte Nebeneffekte oder Wundheilungsstörungen auf. Die Oberfläche des explantierten Soft-Tissue-Level-Implantates wies zudem keine sichtbaren ossären Reste auf (Abb. 6), ähnliche wie nicht invasiv explantierte Gaumenimplantate. Das Explantationsbett zeigte keine Anzeichen von traumatischen Verletzungen oder einer akzidentiellen Mund-Antrum-Verbindung auf. Eine Woche post explantationem war die Wunde bereits komplett verschlossen.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die intraorale optische Abformung mithilfe eines intraoralen Scanners erlaubt es, Modelle digital zu erstellen und jegliche diagnostische Fragestellungen virtuell zu beantworten. Heute werden basierend auf virtuellen Modellen zunehmend festsitzende oder abnehmbare Apparaturen mithilfe von CAD/CAM (Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Manufacturing)

Abb. 5 Intraorale Mundaufnahme bei Behandlungsende



hergestellt. Obwohl bereits vor 25 Jahren die erste wissenschaftliche Publikation über das Gaumenimplantat veröffentlicht wurde (TRIACA ET AL. 1992) und der Einsatz digitaler Technologien in der Implantologie bereits seit Langem möglich ist, gab es bisher keine geeignete Software, die es ermöglichte, die benötigte kieferorthopädische Verankerung digital zu planen und herzustellen.

Dieser Fallbericht liefert den Beweis, dass ein kompletter digitaler Herstellungsprozess einfach erreicht werden kann. Zusätzlich konnte aufgezeigt werden, dass kurze Zahnimplantate, die normalerweise zu prothetischen Zwecken verwendet werden (SLOTTE ET AL. 2012, 2015), erfolgreich im Gaumen zur kieferorthopädischen Verankerungsverstärkung eingesetzt werden können.

Zusätzlich konnte bewiesen werden, dass IOS von Implantaten im Gaumen, deutlich entfernt vom eigentlichen Alveolar-knochen, von grosser Präzision sind und den Anforderungen genügen, um die Informationen anschliessend digital weiterzuverarbeiten.

Letztendlich sollen noch zwei Vorteile, die den Einsatz von prothetischen Implantaten als TAD bieten, hervorgehoben werden. Durch die Insertion eines Soft-Tissue-Level-Implantates mit einer kleinen Einheilkappe konnte die Angriffsfläche für eine allfällige Zungenparafunktion minimiert und so Frühverluste im Vergleich zu herkömmlichen Gaumenimplantaten verhindert werden (ASSCHERICKX ET AL. 2010). Des Weiteren haben diese Implantate eine hydrophile Oberfläche (SLActive®, Institut Straumann AG, Basel, Schweiz), was theoretisch bereits nach 7–8 Wochen eine kieferorthopädische Belastung ermöglichen würde (SCHÄTZLE ET AL. 2009B; CRISMANI ET AL. 2006). Dieser letzte Aspekt muss aber mit klinischen Studien noch wissenschaftlich untermauert werden.

Individualisierte Suprastrukturen auf Soft Tissue Level Implantaten, die ohne jegliche Modelle digital mit der CAD/CAM-Technologie hergestellt wurden, sind eine einfache, zuverlässige und optimierte Behandlungsalternative für die kieferorthopädische Verankerungsverstärkung. Die Implantation von prothetischen Soft-Tissue-Level-Implantaten im Gaumenbereich ist aber immer noch von experimenteller Natur, und in diesem Fallbericht sollte lediglich die Möglichkeit und Machbarkeit eines kieferorthopädischen Einsatzes im Gaumenbereich aufgezeigt werden. Insbesondere sollte die Eignung der

prophetischen Verbindung des Implantats aus kieferorthopädischer Sicht weiter untersucht werden. Weiterführende Forschung mit grösseren Fallzahlen sollte zukünftig durchgeführt werden, um die ersten Erfahrungen dieses Behandlungsansatzes zu bestätigen.

Abstract

SCHÄTZLE M, MÜHLEMANN S, HERSBERGER-ZURFLUH M, BUSSMANN T, NÄF P, PATCAS R: **Prosthetic implants used as orthodontic anchorage – Introducing a complete digital workflow for clinical use** (in German). SWISS DENTAL JOURNAL SSO 130: 887–892 (2020)

The aim of this case report was to introduce the clinical use of a prosthetic soft tissue level implant and a completely digitized workflow for the production of an individualized suprastructure fixated on prosthetic implants for orthodontic anchorage reinforcement.

A prosthetic soft tissue level implant was placed in the palatal region for orthodontic anchorage reinforcement. Based on an intraoral optical scan taken after implant osseointegration, the orthodontic suprastructure was manufactured entirely by means of computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM). The individualized suprastructure was subsequently loaded in direct manner. The prosthetic implant was then removed in a non-invasive manner, similar to palatal implants.

The analysis included clinical and laboratory fabrication steps. The placement of prosthetic implant in the palatal region proved to be a painless, easy and fast procedure, and provided absolute anchorage during the entire intended orthodontic treatment. Its non-invasive removal did not cause any adverse patient reactions. The digitally constructed suprastructure did not require any chairside adaptation at delivery and was successfully used for the intended orthodontic treatment.

The reported case presents the successful placement, loading and removal of a prosthetic soft tissue level implant for orthodontic anchorage use in the palatal region. The described digital and model-free workflow provides a feasible and streamlined treatment modality for the fabrication of individualized orthodontic suprastructures by means of CAD/CAM for the use as orthodontic anchorage reinforcement. This proof of principle should be substantiated with further larger-scaled investigations.

Literatur

ASSCHERICKX K, VANNET B V, BOTTENBERG P, WEHRBEIN H, SABZEVAR M M: Clinical observations and success rates of palatal implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 137: 114–122 (2010)

CRISMANI A G, BERNHART T, SCHWARZ K, CELAR A G, BANTLEON H P, WATZEK G: Ninety percent success in palatal implants loaded 1 week after placement: a clinical evaluation by resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 17: 445–450 (2006)

HÄNGGI M, KUHN M, GÖLLNER P, SCHÄTZLE M: Non-invasive palatal implant removal. *Clin Oral Implants Res* 26: 1503–1505 (2015)

NANDA R S, KIERL M J: Prediction of cooperation in orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 102: 15–21 (1992)

PATCAS R, PEDROLI G: A bonding technique for fixed maxillary retainers. *J Orthod* 39: 317–322 (2012)

SCHÄTZLE M, MÄNNCHEN R, BALBACH U, HÄMMERLE C H, TOUTENBURG H, JUNG R E: Stability change of chemically modified sandblasted/acid-etched titanium palatal implants. A randomized-controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 20: 489–495 (2009a)

SCHÄTZLE M, MÄNNCHEN R, ZWAHLEN M, LANG N P: Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 20: 1351–1359 (2009b)

SLOTTE C, GRØNNINGSÆTER A, HALMØY A M, ÖHRNELL L O, STROH G, ISAKSSON S, JOHANSSON L Å, MORDENFELD A, EKLUND J, EMBRING J: Four-millimeter implants supporting fixed partial dental prostheses in the severely resorbed posterior mandible: two-year results. *Clin Implant Dent Relat Res* 14 Suppl 1: e46–58 (2012)

SLOTTE C, GRØNNINGSÆTER A, HALMØY A M, ÖHRNELL L O, MORDENFELD A, ISAKSSON S, JOHANSSON L Å: Four-Millimeter-Long Posterior-Mandible Implants: 5-Year Outcomes of a Prospective Multicenter Study. *Clin Implant Dent Relat Res* 17 Suppl 2: e385–395 (2015)

TRIACA A, ANTONINI M, WINTERMANTEL E: Titan-Flachschrauben-Implantat zur orthodontischen Verankerung am anterioren Gaumen. *Informationen der Orthodontie und Kieferorthop* 24: 251–257 (1992)