

# Digitale Tools – optimierte Behandlungsplanung, Visualisierung und Vorhersagbarkeit

Von Dr. Rafi Romano, Kieferorthopäde aus Tel Aviv, Israel.



## Wozu benötigen wir eine kieferorthopädische Simulation?

### Marketing

Patienten „shoppen“ heute von einer KFO-Praxis zur anderen. Die Möglichkeit, ihnen bereits vor Behandlungsbeginn eine Simulation der angestrebten Zahnbewegungen zeigen zu können, stellt dabei definitiv einen Wendepunkt und Wegbereiter dar, der jedem Kieferorthopäden helfen wird, dem Patienten seine „Vision“ und die damit verbundenen Behandlungsaspekte zu erläutern.

### Patientenaufklärung

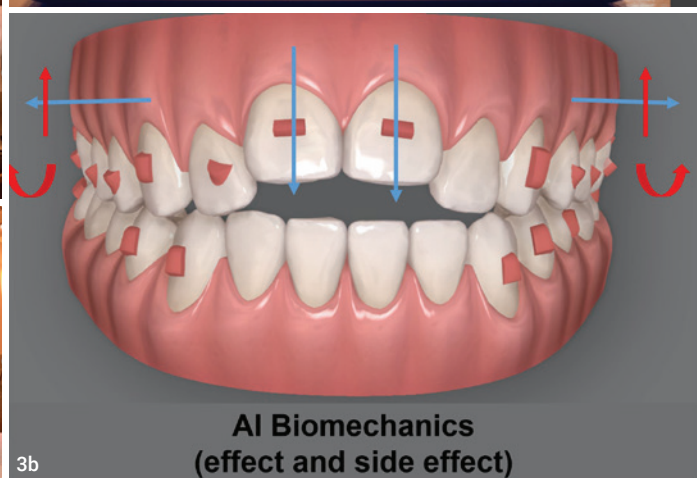
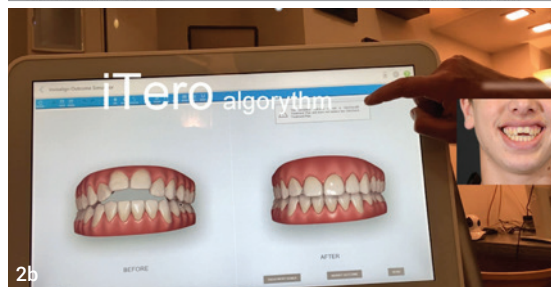
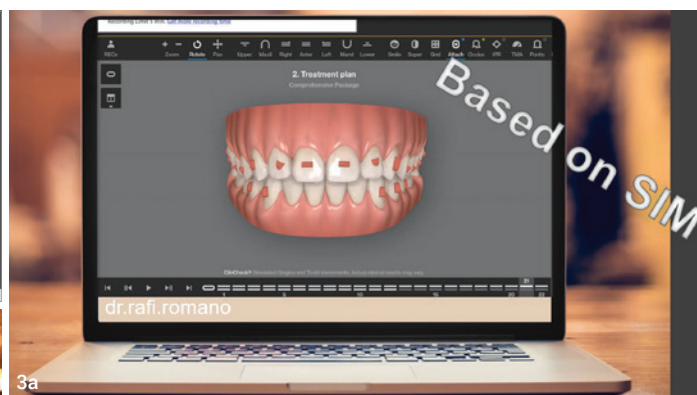
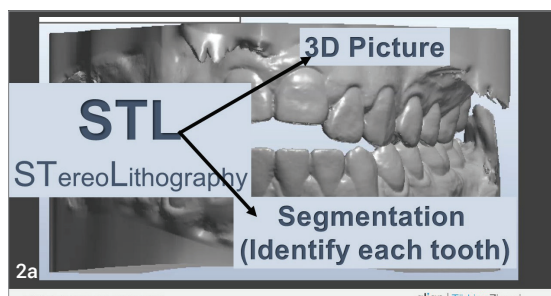
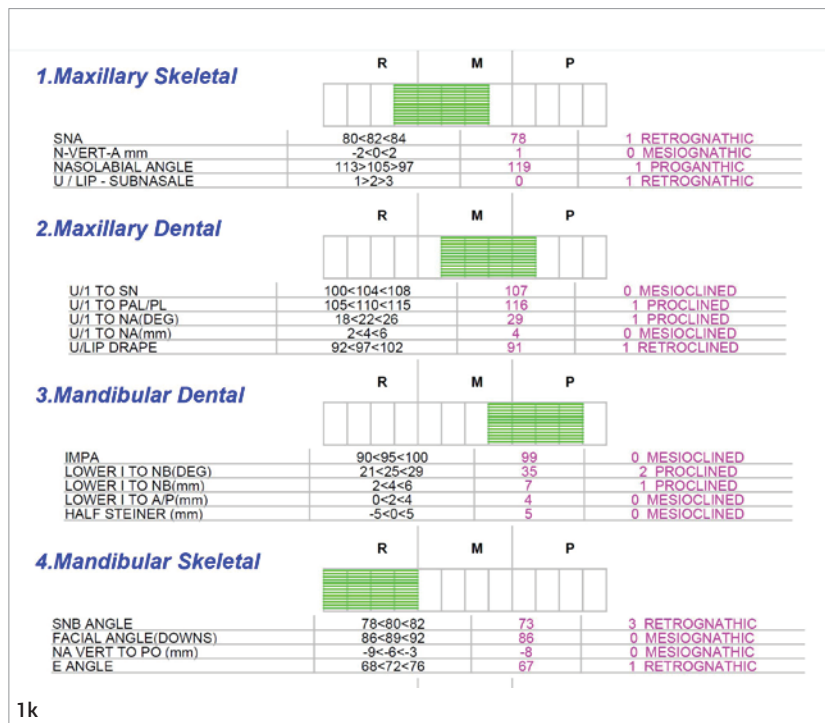
Patienten werden heutzutage mit zahlreichen Desinformationen überhäuft, die sie insbesondere aus dem Internet, mitunter aber auch von anderen Behandlern erhalten. Manchmal werden ihnen z. B. Behandlungspläne offeriert, mit denen sie nichts anfangen können, die ihnen gar widersprüchlich erscheinen (z. B. Extraktion vs. Nichtextraktion). Mithilfe eines Ergebnissimulators, ein Scanner-integriertes Tool, wie es z. B. beim iTero®

**Abb. 1a und b:** Extraorale Aufnahmen, Gesicht von vorn und im Profil. Beachten Sie das unästhetische Lächeln aufgrund des offenen Frontzahnbisses. **Abb. 1c–h:** Intraorale Aufnahmen vor Behandlungsbeginn. Man beachte den unästhetischen anterior offenen Biss, den verengten Ober- und Unterkiefer mit negativem Kronentorque. Der Patient trägt metallene Zungensporen, die auf die oberen mittleren Inzisiven geklebt wurden. **Abb. 1i–k:** Panorama (i) und Fernröntgenseitenaufnahme (j) mit computergestützter Analyse (k). Es zeigte sich eine skelettale Klasse II-Malokklusion mit proklinierten Inzisiven im Ober- und Unterkiefer.

(Fa. Align Technology\*) zur Verfügung steht, können Kieferorthopäden ihren Patienten zwei verschiedene (oder gar mehrere) Therapieoptionen vorstellen und ihnen dabei die Vor- und Nachteile des jeweiligen Behandlungsansatzes erläutern. Das Unbekannte wird für die Patienten dadurch in etwas visuell Greifbares, Nachvollziehbares verwandelt.

### Planung am Behandlungsstuhl

Die Simulation ermöglicht es dem Kieferorthopäden, dem Patienten seine Vorstellungen (die in der Regel auf dessen jahrelanger Erfahrung, umfangreichen Fachwissen, aber auch auf ästhetischen Standards beruhen) direkt am Behandlungsstuhl zu erläutern, während dieser zusieht und Fragen stellen kann. Das gesamte Prozedere ist schnell und kann umgehend durchgeführt werden, also während der Patient noch in der Praxis ist und nicht erst einen Tag oder gar Wochen später.



**Abb. 2a–c:** Die Simulation mithilfe der iTero® „Outcome Simulation“-Software ermöglicht es dem Behandler, die Zähne automatisch zu segmentieren, den KI-(künstliche Intelligenz)-Algorithmus zu verwenden und dabei persönliche Modifikationen und Präferenzen miteinzubeziehen. **Abb. 3a und b:** Auf KI sowie unserer Simulation basierender ClinCheck®-Plan. Attachments sind in optimaler Position und Form für eine bessere Vorhersagbarkeit der Zahnbewegung und zur Überwindung unerwünschter Nebeneffekte platziert.

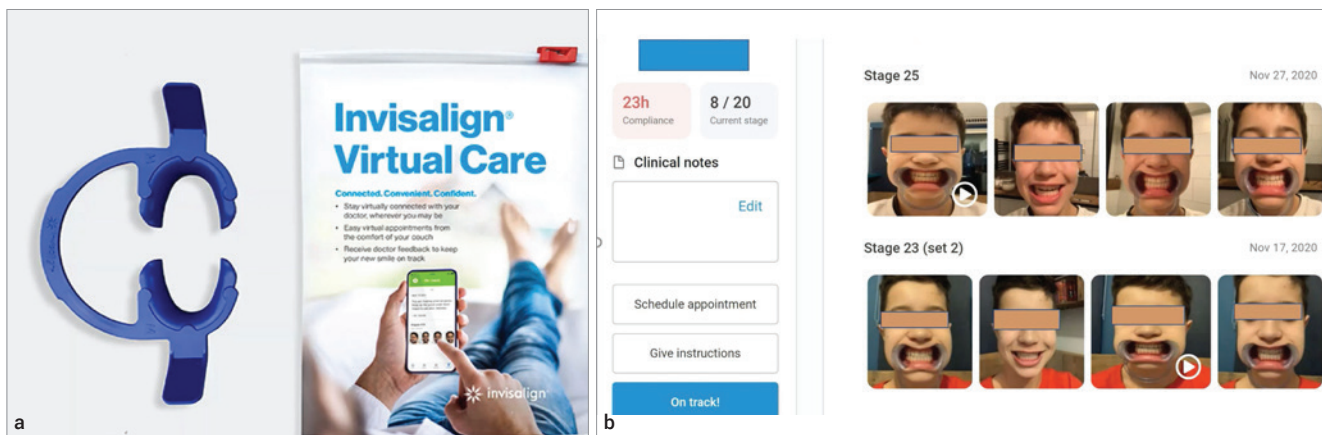


Abb. 4a und 4b: „Virtual Care“ von Align Technology. Hierbei senden die Patienten wöchentlich Fotos ihrer Zähne mit und ohne Aligner. Sie erhalten vom Behandler-Team dann entsprechendes Feedback und Kommentare.

„Mithilfe eines Ergebnis-simulators können Kieferorthopäden ihren Patienten verschiedene Therapieoptionen vorstellen und ihnen dabei die Vor- und Nachteile des jeweiligen Behandlungsansatzes erläutern.“

### Der Team-Ansatz

Der Großteil der modernen Kieferorthopädie basiert auf einer interdisziplinären Behandlung. Sobald die kieferorthopädische Simulation abgeschlossen ist, kann diese gespeichert und z. B. mit dem all-gemeinzahnärztlichen Team und dem Zahntechniker geteilt werden, der sie kommentieren und dem Behandlungsplan weitere nützliche Informationen hinzufügen kann. Der Simulationsbericht kann darüber hinaus mit Anmerkungen

versehen werden, wodurch etwaige Missverständnisse von vornherein vermieden werden.

### Individueller Behandlungsplan

Der Kieferorthopäde kann sich hierbei von Kollegen, die möglicherweise andere Behandlungspläne anbieten, abheben.

### Vorhersagbarkeit

Der Behandler erhält die Möglichkeit, das angestrebte Therapieergebnis besser vorauszusagen und zudem unnötige Fehler zu vermeiden. Durch die Simulation bekommt er darüber hinaus sofortige und leicht zugängliche Informationen hinsichtlich behandlungsrelevanter Faktoren wie Zahngröße, Notwendigkeit einer ASR (approximale Schmelzreduktion) zur Auflösung eines Engstands oder zu Kontaktpunkten zur Umsetzung eines ästhetisch ansprechenden Ergebnisses.

Viele Kieferorthopäden verwenden zwar intraorale Scanner zur digitalen Abdrucknahme, nutzen aber die darin implementierten Optionen nicht voll aus. Der iTero® z. B. verfügt über eine automatische Segmentierfunktion, welche das dreidimensionale Bild in ein segmentiertes Modell verwandelt, in dem jeder einzelne Zahn identifiziert ist und in allen drei Dimensionen bewegt werden kann.

Wie die „digitale Reise“ tagtäglich in der Praxis des Autors vonstatten geht, lässt sich am besten anhand eines Invisalign®\*-Fallbeispiels beschreiben.

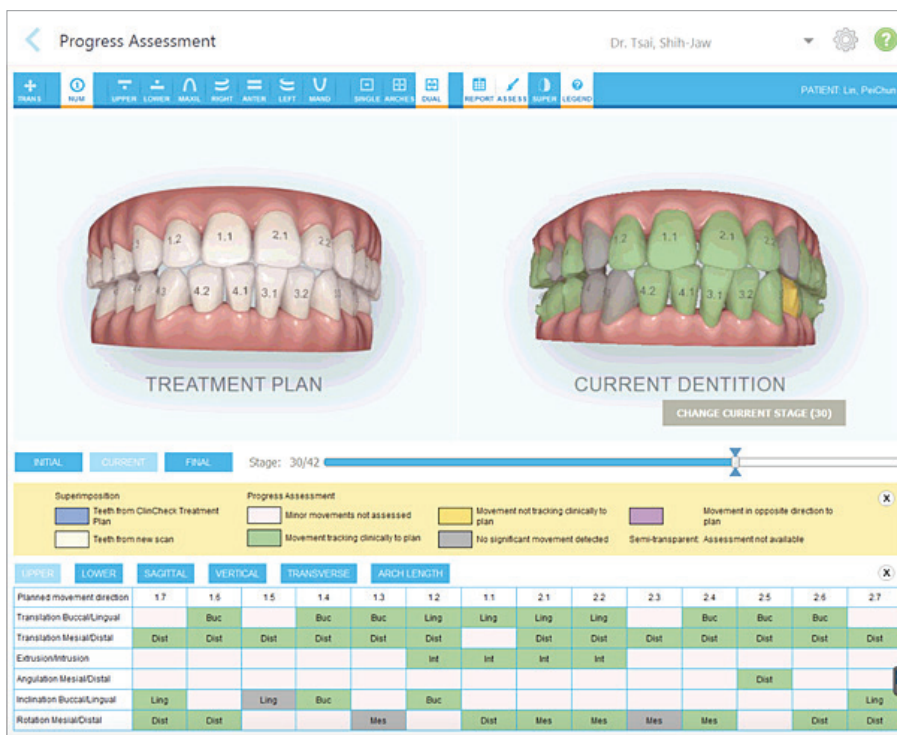


Abb. 4c: Das Monitoring erfolgt auch in der Praxis, mithilfe der iTero®-Software „Progress Assessment“. Wenn alle Zahnbewegungen wie geplant stattgefunden haben, werden sie entsprechend grün angezeigt.

## Klinisches Fallbeispiel

Der 19-jährige Patient A. M. stellte sich nach bereits zwei absolvierten kieferorthopädischen Behandlungen, die leider beide relativ schnell rezidierten, in unserer Praxis vor. Wir stellten bei ihm eine skelettale Klasse II- und dentale Klasse I-Malokklusion fest, mit einem anterior offenem Biss sowie Intrusion der oberen mittleren Inzisiven. Die oberen und unteren Frontzähne waren prokliniert und beide Zahnbögen verengt (Abb. 1a bis k). Der Patient war zum Kieferchirurgen geschickt worden, nachdem sich der Biss erneut geöffnet und neben einem unästhetischen Aussehen zudem funktionelle Probleme verursacht hatte. Nun suchte er unseren Rat.

Die Herausforderung bestand darin, nicht nur den Fall zu diagnostizieren und einen entsprechenden Behandlungsplan anzubieten, sondern diesen mit dem Patienten zu besprechen und ihm dabei die verschiedenen Optionen aufzeigen

zu können. Und das alles direkt am Behandlungsstuhl. Digitale Tools und die dazugehörigen Technologien bieten uns heute die Möglichkeit, Zahn- und Kieferbewegungen in Sekundenschnelle zu simulieren. Intraoralscanner liefern uns

### „Das Unbekannte wird für die Patienten in etwas visuell Greifbares, Nachvollziehbares verwandelt.“

dafür das erforderliche 3D-Bild, welches dann segmentiert werden sollte, um eine entsprechende Simulation zu erstellen, bei der jeder Zahn im Raum bewegt werden kann (Abb. 2a).

Dieser Prozess der Zahnsegmentierung wird durch den iTero®-Algorithmus binnen weniger Sekunden durchgeführt, indem man auf die im Scanner integrierte

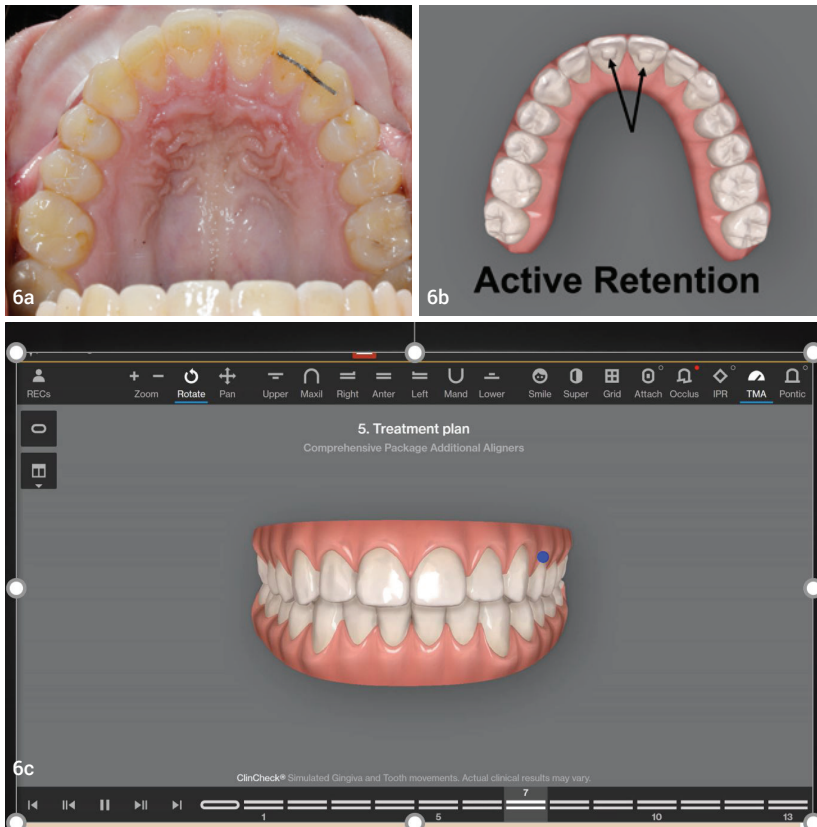
Schaltfläche „Ergebnissimulation“ klickt. Der Algorithmus nutzt hierbei die Daten künstlicher Intelligenz (KI) aus Millionen von Scans und schlägt dem Behandler dann ein automatisches Set-up zur Ausrichtung der Zähne in jedem Zahnbogen und in der Okklusion vor (Abb. 2b).

Offensichtlich hat jeder Kieferorthopäde andere ästhetische und funktionelle Vorstellungen. Eine Modifizierung der Simulation kann daher einfach und direkt am Behandlungsstuhl vorgenommen werden, um dem Patienten dann anschließend den Prozess und die sich dahinter verbergenden Überlegungen zu zeigen (Abb. 2c). Die modifizierte Simulation kann mit dem Patienten, dem zahnärztlichen Team und dem Techniker entsprechend geteilt werden, der sie „kopiert“ und als Referenz für die Planungssoftware verwendet.

Die kieferorthopädische Behandlung im vorliegenden Fall umfasste die Erweiterung beider Zahnbögen, eine Verbesserung des negativen Kronentorques der



**Abb. 5a–g:** Intraorale Bilder (a–f) sowie frontale Gesichtsaufnahme (g) nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung. Beachten Sie die veränderte Form der oberen und unteren Zahnbögen sowie die Veränderung des Kronentorques im Seitenzahnbereich. Die oberen und unteren Inzisivi befinden sich jetzt in normaler Okklusion mit einem positiven Overjet und Überbiss.



**Abb. 6a und b:** „Freihändige“ rechteckige Attachments auf den Zähnen 11 und 21. **Abb. 6c:** Zusätzliche Aligner mit 0,1mm anteriorer Extrusion. 13 Aligner erbringen insgesamt 1,3mm an Extrusion.

oberen und unteren Prämolaren sowie die Extrusion der oberen mittleren Inzisiven mittels Alignertherapie (Invisalign®). Wir nahmen eine Überkorrektur des Plans vor (z. B. Überextrusion der oberen mittleren Inzisiven und enge okklusale Kontakte im Seitenzahnbereich). Um die für die Zahnbewegung erforderlichen Kräfte in die richtige Richtung zu lenken, unerwünschte Nebeneffekte zu vermeiden und die angestrebten Bewegungen besser vorherzusagen, wurden Komposit-Attachments benötigt. Auch hier kommt künstliche Intelligenz zum Einsatz, um eine optimale Auswahl der Attachment-Form und -Position auf den Zähnen zu ermöglichen. Diese „automatischen“ Attachments werden dann von der Software platziert und als „optimierte Attachments“ bezeichnet (Abb. 3a und b). Ignorieren oder ändern wir diese Attachments von „optimiert“ in „normal“ (regular), geben wir die aus Millionen von behandelten Alignerfällen gewonnenen Erfahrungswerte auf.

Digitale Hilfsmittel werden nicht nur zur Simulation und Planung eines Falls, sondern auch zur Überwachung des erzielten Behandlungsfortschritts eingesetzt.

### „Durch die Simulation bekommt der Behandler darüber hinaus sofortige und leicht zugängliche Informationen hinsichtlich behandlungsrelevanter Faktoren.“

„Virtual Care“ ist ein neues Tool, das Invisalign®-Nutzern heute kostenlos zur Verfügung steht. Für dessen Nutzung stellen wir unsere Patienten mit Wangenspreizern und einer speziellen Anwendung namens „my Invisalign“ aus. Sie schicken uns dann eine Reihe von Fotos ihrer Zähne, die sowohl mit als auch ohne eingesetzte Aligner von ihnen erstellt werden. Wir sehen uns diese Fotos wöchentlich zwischen den regulären Kontrollterminen an und senden den Patienten entsprechende Kommentare und Feedback zurück (Abb. 4a und b).

Die Kommunikation mit unseren Patienten hat sich dadurch enorm verbessert und wir haben eine viel bessere (zusätzliche) Kontrolle über die Behandlung und können ggf. zwischendurch eingreifen. Dank dieser digitalen Option sehen wir unsere Patienten oft nur noch alle acht bis zehn Wochen, was Zeit am Behandlungsstuhl spart und für den Patienten angenehmer ist (besonders in diesen COVID-19-Zeiten).

Das Monitoring erfolgt hierbei auch in der Praxis, und zwar mit der „Progress Assessment“-Software, einem weiteren im Scanner integrierten Tool. Wir verwenden dieses, um die tatsächliche Zahnstellung mit dem geplanten ClinCheck® zu vergleichen. Anhand verschiedener Farben können wir dabei erkennen, welche Zähne sich entsprechend der Planung bewegt (grün), welche Zähne sich nicht bewegt (gelb) und welche sich in die entgegengesetzte Richtung bewegt haben (lila) (Abb. 4c). Die angestrebten Zahnbewegungen erfolgten bei unserem Patienten wie vorgesehen.

Die Herausforderung bestand darin, zukünftige Rezidive zu vermeiden, wie sie der Patient in der Vergangenheit bereits zweimal erlitten hatte. Zu diesem Zweck galt es, die entsprechende Ursache zu beseitigen. So hatte der Patient leider die Angewohnheit, mit seiner Zunge gegen die Frontzähne zu stoßen. Zudem wies

er eine hypotone Muskulatur sowie eine Tendenz zur Verengung des Zahnbogens und zur Intrusion der oberen mittleren Inzisiven auf. Aus diesem Grund klebten wir zwei „freihändige“ rechteckige Attachments auf die Zähne 11 und 21 (Abb. 6a und b). Zur Fertigung zusätzlicher Aligner wurde der Patient nochmals intraoral gescannt. Der Plan umfasste insgesamt 1,3mm an anteriorer Extrusion, bei 0,1mm pro Aligner (13 Aligner; Abb. 6c). Da der Patient im Frontzahnbereich interinzisale Kontakte aufwies, erwarteten wir hierbei keine tatsächliche Extrusion, sondern



**Abb. 7a und b:** Übungen für zu Hause zur Stärkung der Gesichtsmuskeln und zur Behebung der Angewohnheit des Zungenstoßens. **Abb. 7c:** Sogenannter Froschmund (Froggy Mouth). Er bietet dem Kliniker einen neuen therapeutischen Ansatz für das neuromuskuläre Re-Training der atypischen Deglutition und dysfunktionalen Deglutition bei Patienten. **Abb. 7d.1 bis 7d.3:** MYOSPOTS zum Trainieren einer korrekten Zungenposition. MYOSPOTS sind kleine kreisförmige Pads aus biologisch abbaubaren, natürlichen Polymeren, welche in verschiedenen Geschmacksrichtungen erhältlich sind. Sie verfügen über eine starke Haftkraft, die es ihnen ermöglicht, leicht auf der Gaumenoberfläche zu haften. (Fotos: © Myospots)

eher eine Bewegung, welche der Tendenz zur anterioren Intrusion, wie sie in der Vergangenheit bereits zweimal aufgetreten ist, entgegenwirkt.

Außerdem zeigten wir dem Patienten Übungen zur Stärkung der Gesichtsmuskeln und zur Abgewöhnung seiner Zungenstoßgewohnheit (Abb. 7a und b). Diese Übungen sollten täglich zu Hause und mit wöchentlicher Unterstützung durch einen myofunktionellen Therapeuten durchgeführt werden. Dem Patienten wurde zudem ein „Froggy Mouth“ gegeben, eine effektives Hilfsmittel zur myofunktionellen Korrektur seines atypischen Schluckmusters (Abb. 7c). Es bietet dem Kliniker einen neuen therapeutischen Ansatz für das neuromuskuläre Re-Training der atypischen und dysfunktionalen Deglutition seiner Patienten.<sup>3</sup>

Darüber hinaus bekam der Patient MYOSPOTS. Hierbei handelt es sich um kleine kreisförmige Spots (eine Art Tablette mit unterschiedlichen Geschmacksrichtungen) aus biologisch abbaubaren natürlichen Polymeren mit starker Klebekraft, die leicht an der Oberfläche des Gaumens haften (Abb. 7d) und die Zunge dadurch unwillkürlich veranlassen, sich anzuheben und diese Spots zu berühren. Das wiederholte Anheben der Zunge zum Berühren und Auflösen des haftenden Spots stellt ein gezieltes Training für die Zungenmuskulatur dar, um deren Tonus zu erhöhen.

Im vorliegenden Fall erfolgte die Zahnbeugung wie geplant, sodass die Behandlung in weniger als fünf Monaten abgeschlossen werden konnte.

\* [www.aligntech.com](http://www.aligntech.com)

## kontakt



### Rafi Romano, DMD, MSc

Habarzel Street 34  
69710 Tel Aviv  
Israel  
Tel.: +972 3 6477878  
[rafi@drromano.com](mailto:rafi@drromano.com)  
[www.drromano.com](http://www.drromano.com)

