Thomas Drechsler

Copyright by Quintessenz not for publication

Möglichkeiten und Grenzen der kieferorthopädischen Erwachsenenbehandlung mit wenig sichtbaren Therapiemitteln

Thomas Drechsler
Dr. med. dent.

Wilhelmstraße 40
65183 Wiesbaden
E-Mail: dr.drechsler@kfo-wiesbaden.de

Indizes
Lingualtechnik, Aligner-Therapie, Miniplastschienen, Invisalign, kieferorthopädische Erwachsenenbehandlung, wenig sichtbare Therapiemittel

Zusammenfassung
Der Wunsch erwachsener Patienten, durch eine kieferorthopädische Korrektur gerade ausgerichtete Zähne zu erhalten, ist in aller Regel damit verbunden, dass während der gesamten Behandlungszeit eine mehr oder weniger auffällige, gut sichtbare Multibracketapparatur so lange getragen werden muss, bis das endgültige Ergebnis der Therapie erreicht ist. Alternativ dazu konkurrieren etwa seit den letzten 20 Jahren zwei unterschiedliche Behandlungskonzepte mit deutlich weniger wahrnehmbaren Therapiemitteln und jeweils spezifischer Indikationsstellung. So bietet einerseits die Anbringung einer fest eingegliederten Apparatur auf der Zahnrückseite, die sogenannte Lingualtherapie, grundsätzlich biomechanische Vorteile, während die kieferorthopädische Korrektur mittels herausnehmbarer, sequenzieller Miniplastschienen, auch als Aligner bezeichnet, für den Betroffenen oftmals einen Komfortgewinn bedeutet. Hier gilt es, unter Berücksichtigung der Therapieaufgaben und der individuellen Bedürfnisse des Patienten zwischen beiden Techniken im Kontext des aktuellen Entwicklungsstandes zu differenzieren und diese ggf. sogar zu kombinieren.

Entwicklung der Lingualtechnik

Während beim Design herausnehmbarer oder festsitzender kieferorthopädischer Behandlungsapparaturen für Kinder und Jugendliche Aspekte der Biomechanik, der Effizienz, der Materialeigenschaften und nicht zuletzt der Wirtschaftlichkeit im Vordergrund stehen, sind in der orthodontischen Erwachsenentherapie bei der Auswahl der Behandlungsmittel häufig auch deren angenehmerer Tragekomfort und die Unauffälligkeit als weitere, nicht unwesentliche Parameter zu berücksichtigen. So ist bei immer mehr Erwachsenen zwar zunehmend das Bedürfnis nach einer kieferorthopädischen Korrektur der Zähne zu erkennen, aber diese

copyright by Quintessenz not for publication

sollte meist aus privaten oder beruflichen Gründen gemäß den heutigen Ansprüchen möglichst diskret, schnell und wenig beeinträchtigend erfolgen. Auch wenn mancher Hersteller heutzutage seine „zahnfarbenen, ästhetischen" Keramikbrackets preist und in der Werbung von kaum im Mund auffallenden „Wohlfühl-Brackets"[25] die Rede ist, fühlen sich viele erwachsene Patienten dennoch mit sichtbaren, labial angebrachten Bracketsystemen gleich welcher Technik und Herstellungsart nicht ganz so wohl (Abb. 1).

Craven Kurz[2] war in seiner Praxis in Beverly Hills, Kalifornien, ein Vorreiter, als er ab Mitte der 1970er Jahre bei seiner sicher etwas außergewöhnlichen Klientel versuchte, zunächst bukkale Brackets „unsichtbar" auf den Lingualflächen der Zähne zu platzieren. 1976 kamen dann die ersten speziell für die Lingualbehandlung vorgesehenen Brackets von der Firma Ormco auf den Markt. Die Lingualtechnik revolutioniert und wesentlich zu ihrer heutigen Verbreitung besonders in Europa beigetragen hat ab 2003 das von *Dirk Wiechmann*[23] entwickelte Incognito-System (vormals Fa. TOP, jetzt Fa. 3M Unitek). Mittlerweile existiert auf dem Markt neben konfektionierten Lingualbrackets (Fa. GAC, Fa. Forestadent, Fa. Ormco usw.) eine Vielzahl von voll individualisierten lingualen Bracketapparaturen (z. B. Fa. WIN, Fa. Harmony, Fa. SureSmile und Fa. eBrace).

Entwicklung der Aligner-Therapie

Unabhängig von der Evolution der festsitzenden Lingualtechnik entwickelte sich parallel eine ganz andere Methode der weitgehend unsichtbaren Zahnkorrektur. Zurückreichend auf bereits im Jahr 1945 von *Kesling*[12] geäußerte erste Ideen zur „Elastodontie", entstanden durch die Verbesserung von Materialien und Fertigungstechniken unimaxilläre Miniplastschienen, Schienenpositioner oder auch als Aligner bezeichnete Kunststoffschienen aus nachgiebigem, transparentem Polyurethan, deren weitere Verbreitung als kieferorthopädische Behandlungsmittel von vielen Autoren wie *Douglas Toll*[20] und *John J. Sheridan*[18] propagiert wurde. Geeignet waren diese im Labor nach einem Gipsmodell-Set-up manuell gefertigten, elastischen Kunststoffschienen meist nur für geringe, eher kippende Zahnbewegungen entweder zur Rezidiv- oder Finishingbehandlung.

1997 wurde von der Firma Align Technology zunächst auf dem amerikanischen Markt unter dem Markennamen Invisalign ein System eingeführt, welches erstmals auch umfangreichere dentoalveoläre Korrekturen möglich machen sollte. Basierend auf einer patentrechtlich geschützten Behandlungssoftware, dem sogenannten ClinCheck, konnte eine größere Anzahl von CAD/CAM-gefertigten Set-up-Modellen (Stereolithographie) geplant werden, die sich zur Herstellung von sequenziellen, individuellen Miniplastschienen im Vakuumdruckverfahren eigneten. Mittlerweile wird das 2001 auch in Europa eingeführte System[14] weltweit vermarktet. Obwohl anfänglich Schwierigkeiten bei der Akzeptanz zu verzeichnen waren und es in Deutschland sogar 20 Jahre später immer noch namhafte Hochschulen gibt, die diese Technologie schlichtweg ignorieren, hat sich das System inzwischen neben der konventionellen Multibrackettherapie als eine ernst zu nehmende, wissenschaftlich evaluierte Technik auch für komplexe Behandlungssituationen in der Kieferorthopädie etabliert[5].

Differenzierung der Behandlungskonzepte Lingualtechnik und Aligner-Therapie

Da der Autor dieses Beitrags den Standpunkt vertritt, dass ein sichtbares, labial angebrachtes Bracket gleich welchen Materials und Designs niemals als wirklich „ästhetisch" bezeichnet werden kann (nur Kieferorthopäden finden Brackets „schön"), stehen aus seiner Sicht derzeit nur zwei effiziente Systeme zur Verfügung, die es dem Kieferorthopäden erlauben, dem Wunsch meist erwachsener Patienten nachzukommen, mit möglichst wenig sichtbaren Apparaturen Zahn- und Kieferfehlstellungen adäquat zu korrigieren. Laut *Jost-Brinkmann* und *Müller-Hartwich*[10] sowie *Scuzzo* und *Takemoto*[17] sind die Indikationen für die Lingualtechnik genau die gleichen wie für konventionelle, bukkal angebrachte Multibracketapparaturen. Dies gilt – zumindest noch bisher – nicht vollumfänglich für die

Copyright Quintessenz not for publication

Aligner-Therapie, auch wenn der Indikationsbereich im Laufe der Entwicklung über zwei Dekaden eine deutliche Erweiterung erfahren hat. Dennoch unterscheiden sich die spezifischen Indikationen der beiden Systeme voneinander und sollten sorgfältig sowohl auf die medizinischen und biomechanischen Gegebenheiten als auch auf die jeweiligen Lebensumstände der einzelnen Patienten abgestimmt werden. Beide Technologien verlangen dabei grundsätzlich nach erfahrenen und gut ausgebildeten Spezialisten, obwohl die Werbung der Anbieter oft einen anderen Eindruck vermittelt.

Geht man danach, welche Behandlungsapparatur visuell am wenigsten wahrnehmbar ist, so gelten die lingual angebrachten Brackets als die bislang unauffälligste kieferorthopädische Therapieform. Wenn eher transluzente Zähne vorliegen, kann es allerdings insbesondere bei silberfarbenen Bracketlegierungen zu einer Verdunkelung bzw. verstärkten Opazität der Frontzähne kommen. Das ist der Grund, warum goldfarbenen Legierungen wie bei Incognito oder eBrace hier der Vorzug gegeben werden könnte oder sogar Lingualbrackets aus hellem Kunststoff angeboten werden.

Dem Vorteil der Unauffälligkeit von Lingualbrackets steht allerdings eine mögliche, nur schwer vorhersagbare Artikulationsbeeinträchtigung des Patienten gegenüber[6,22]. Die Sprachstörungen können dabei mehr oder weniger stark ausgeprägt sein und hängen von dem Bracketdesign, der phonetischen Kompetenz sowie der Adaptationsfähigkeit der Betroffenen ab. Aber auch deutliche Zungenirritationen und Gingivareizungen sind anfänglich nicht ausgeschlossen[7,8,19]. Bei professionellen Sprechern, Berufsmusikern, Künstlern, Personen im kommunikativem Bereich oder allgemein sprachsensiblen Patienten sollte dieser Aspekt vor einer dauerhaften, immer mit größerem Aufwand verbundenen Insertion ausreichend beachtet werden und eine entsprechende Aufklärung erfolgen.

Anders verhält es sich hingegen bei der Verwendung von Alignern als Behandlungsmittel. Diese scheinen zwar im Vergleich zu Lingualbrackets von Dritten visuell etwas stärker wahrgenommen zu werden (siehe Abbildung 2a: gleiche Patientin wie in

Abb. 1 Klinische Situation bei einer erwachsenen Patientin mit „Wohlfühl"-Keramikbrackets Clarity SL im Oberkiefer und konventionellen Brackets im Unterkiefer

Abb. 2b Gleiche Patientin wie in den Abbildungen 1 und 2a ohne inserierte Aligner

Abb. 2a Gleiche Patientin wie in Abbildung 1 mit inserierten Alignern

copyright by Quintessenz not for publication

Abbildung 1 mit inserierten Alignern, Abbildung 2b ohne inserierte Aligner), aber das Einsetzen und Entnehmen der „Apparatur" ist ein Prozess, den der Patient mehrmals am Tag, beispielsweise vor der Mahlzeiteneinnahme oder Zahnpflege, selbst durchführen kann. Auch aufgrund der sehr viel niedrigeren Materialstärke des Behandlungsmittels, welche z. B. bei Invisalign-Alignern zwischen 0,5 und 0,7 mm liegt, fällt eine potenzielle Sprachbeeinträchtigung hier deutlich geringer aus. Zudem besteht der Vorteil, dass es dem Patienten durchaus gestattet ist, in für ihn besonders wichtigen Momenten die Schienen einfach herauszunehmen, so dass sich für ihn und seine Umgebung weder eine optische noch eine phonetische Beeinträchtigung ausmachen lässt[15]. Dies bedeutet gleichzeitig, dass das Behandlungsgerät damit unsichtbar wird, wenn man einmal davon absieht, dass die an einzelnen Zähnen meist im posterioren Bereich verbleibenden, geklebten Attachments (Kunststoffaufbauten zur Kraftübertragung) dezent erkennbar sind (Abb. 2b).

Durch die Herausnehmbarkeit ergeben sich für die Aligner-Systeme weiterhin Vorteile sowohl hinsichtlich der Hygienefähigkeit als auch in Bezug auf die Essgewohnheiten, denn beides bleibt nahezu unverändert. Deutlich umfangreicher ist hingegen der dentale Pflegeaufwand bei einer fest inserierten Lingualapparatur, was sich bei unzureichender Durchführung klinisch in verstärkten Gingivairritationen oder White-Spot-Läsionen zeigen kann[13]. Auch dadurch, dass im Rahmen der Aligner-Therapie zur Kraftapplikation nicht bei jedem Zahn eine Säure-Ätz-Verbindung notwendig ist (außer an einigen Zähnen zur Anbringung von Attachments), reduziert sich gerade beim häufig prothetisch vorbehandelten erwachsenen Patienten die Zahl möglicher Probleme mit dem Verbund der Apparatur auf keramischen oder metallischen Kronen- bzw. Brückenoberflächen[9], was zu einer geringeren Quote von außerplanmäßigen Terminen während der Behandlungszeit führen kann.

Auf der anderen Seite hängt bei der kieferorthopädischen Schienentherapie der Behandlungserfolg auch wesentlich von der Compliance des Patienten ab. Die Erfahrung zeigt allerdings, dass gerade bei Erwachsenen die Mitarbeit, also das regelmäßige Tragen der Schienen Tag und Nacht, im Allgemeinen sehr gut ist. Das liegt zum einen daran, dass es den meisten Betroffenen durchaus zumutbar und sinnvoll erscheint, Aligner einfach in ihren Alltag zu integrieren. Zum anderen ist die Motivation aufgrund des persönlichen Leidensdrucks und der eigenverantwortlichen wirtschaftlichen Verpflichtung in der Regel recht hoch.

Indikation: Lingualtechnik

Obwohl für die Lingualtherapie grundsätzlich die gleiche Indikationsstellung wie für eine labial angebrachte Multibracketapparatur gilt, ergeben sich doch gewisse Unterschiede insbesondere in der Biomechanik der beiden Techniken. Wegen der auf den Palatinalflächen der oberen Inzisivi angebrachten Lingualbrackets bilden diese bei nicht zu großem Overjet gleichsam ein integriertes Aufbissplateau, das bei Tiefbissen mit entsprechender interokkusaler Interferenz zu einer meist schnellen initialen Bisshebung beiträgt. Eine im Allgemeinen zu beobachtende spontanere Initialreaktion der Zahnbewegung lässt sich neben einer zum Teil näher am Widerstandszentrum liegenden Kraftübertragung insbesondere im Zusammenhang mit Drehmomenten durch die linguale Bracketpositionierung gegenüber der bukkalen erklären[11], ist aber auch Folge eines insgesamt deutlich höheren Kraftniveaus des lingual einligierten Bogens. Aufgrund der reduzierten Interbracketdistanz in einer Lingualapparatur beträgt die erzeugte Kraft etwa das Viereinhalbfache gegenüber der Kraftapplikation des Bogens einer Labialapparatur[1]. Hier ist vor allem bei parodontal vorgeschädigten wie auch wurzelresorptionsgefährdeten Zähnen die Indikationsstellung besonders abzuwägen und bukkal angebrachten oder herausnehmbaren Schienensystemen eventuell der Vorzug zu geben.

Während beim Einsatz von konfektionierten lingualen Bracketsystemen der früheren Generationen die ausreichende Größe der klinisch zur Klebung verfügbaren lingualen Zahnoberflächen die Indikation einer innen liegenden Apparatur noch eingeschränkt hat, stellt das seit Entwicklung der individuellen „customized brackets" durch *Wiechmann*[24] (Fa. TOP) keine Limi-

Copyright © Quintessenz not for publication

tierung mehr dar. Selbst wenn morphologisch sehr ungünstige, kleine linguale Anlagerungsflächen wie in dem in Abbildung 3a gezeigten Patientenbeispiel vorliegen, kann bei Anwendung von im Rapid-Prototyping-Verfahren hergestellten Brackets (Fa. TOP/Fa. Incognito) eine erfolgreiche „unsichtbare" Lingualbehandlung uneingeschränkt durchgeführt werden. Daher ist die Lingualtechnik unter Beachtung der beschriebenen Besonderheiten vor allem dann indiziert, wenn es gilt, biomechanisch sehr anspruchsvolle Behandlungsaufgaben bei erwachsenen Patienten optisch möglichst unauffällig zu lösen. Dazu zählen die Einordnung retinierter und verlagerter Zähne (Abb. 3a bis c), die translatorische, achsenparallele, körperliche Zahnbewegung über weitere Distanzen zum kieferorthopädischen Lückenschluss vornehmlich in mesialer Bewegungsrichtung (Abb. 4b und c) sowie im Allgemeinen die Extraktionstherapie. Für die Behandlung ausgeprägter vertikaler Abweichungen, speziell skelettaler Tiefbisskonfigurationen, ist die linguale Bracketapparatur ebenso gut geeignet wie für Bisslagekorrekturen in anterior-posteriorer Richtung. Die erstmals 2005 von *Drechsler*[3] beschriebene Kombination eines *Herbst*-Scharniers mit der Lingualapparatur erwies sich dabei als besonders effektives Behandlungsgerät für Klasse-II-Malokklusionen[24].

Indikation: Aligner-Therapie

In der Aligner-Therapie hat sich das Indikationsspektrum nach anfänglichen Einschränkungen in den letzten Jahren deutlich erweitert. Während es 2001 in einer ersten Einschätzung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)[16] noch hieß, Aligner eigneten sich nur zur Behandlung geringgradiger Zahnfehlstellungen bei Erwachsenen aus kosmetischen Gründen, differenzierte die DGKFO in ihren aktualisierten Stellungnahmen von 2004 und 2010[4] die empfohlene Anwendung jeweils in einen Hauptindikations- und einen bedingt geeigneten Einsatzbereich. Gemäß der letzten offiziellen Stellungnahme sind Aligner zur dentoalveolären Korrektur von moderaten frontalen Engständen, zur Pro- und Retrusion der Front sowie zur geringen In- und Extrusion bei neutraler Interkuspi-

Abb. 3a Okklusale Oberkieferaufsicht zu Beginn der Behandlung mit eine Incognito-Apparatur bei geringer lingualer Klebefläche

Abb. 3b Incognito-Apparatur in situ bei multiplen retinierten Zähnen zu Behandlungsbeginn (Frontalansicht)

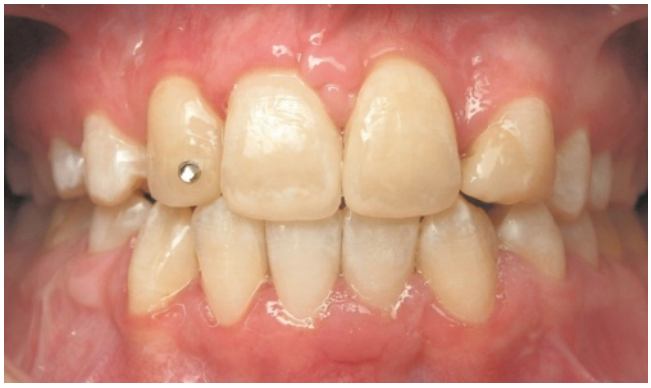

Abb. 3c Endsituation nach erfolgter Lingualbehandlung (Frontalansicht)

copyright by
not for publication
Quintessenz

Abb. 4a Ausgangsbefund bei negativer Frontzahnstufe mit Aplasie der lateralen Inzisivi (Lateralansicht)

Abb. 4b Okklusale Oberkieferaufsicht bei Beginn der Behandlung mit einer Lingualapparatur

Abb. 4c Okklusale Oberkieferaufsicht mit Lingualapparatur während der Behandlung

Abb. 4d Gleichzeitige Behandlung im Unterkiefer mit Alignern (Ansicht von okklusal)

Abb. 4e Lateralansicht der Hybridtechnik im Behandlungsverlauf

Abb. 4f Lateralansicht des Endergebnisses nach prothetischer Versorgung (durch *Sabine Baron*)

dation uneingeschränkt indiziert. Unter Zuhilfenahme von Attachments, Knöpfen und der Kombination von Teilmultibandapparaturen ist der Indikationsbereich erweiterbar hin zur Behandlung von ausgeprägten Extrusionen, zur Derotation von Eckzähnen und Prämolaren sowie zum Lückenschluss nach Prämolarenextraktion, so dass grundsätzlich keine Kontraindikationen formuliert werden können[4]. So lässt sich, wie das in den Abbildungen 4a bis f gezeigte Patientenbeispiel veranschaulicht, durch die Kombination von Lingual- und Alignertechnik mit späterer prothetischer Versorgung (Implantate Regio 12 und 22) eine ausgeprägte dentale Klasse-III-Konfiguration erfolgreich behandeln. Dabei wurden mit der Incognito-Lingualapparatur die

Copyright © Quintessenz not for publication

Abb. 5 Kombination Invisalign-Behandlung mit *Bene*-Slider zur Mesialisation der Oberkiefermolaren (Ansicht von okklusal)

für die Schienentherapie nach wie vor schwierigen translatorischen Bewegungen der oberen Frontzähne und der mesiale Lückenschluss der linken oberen Molaren vorgenommen (Abb. 4b und c), während die Therapie des frontalen Engstandes und die Intrusion der Schneidezähne im Unterkiefer mit Alignern erfolgten (Abb. 4d), was für den Patienten einen erheblichen Komfortgewinn bedeutete. Aber auch innerhalb eines Kiefers lassen sich die beiden Systeme zu einer Hybridbehandlung kombinieren, indem die Invisalign-Aligner beispielsweise durch einen *Bene*-Slider[21] (Fa. Benefit) zur Mesialisierung der Molaren unterstützt werden (Abb. 5).

Doch gerade in den letzten 8 Jahren haben zahlreiche Innovationen der Firma Align Technology den bisher eingeschränkten Indikationsbereich nochmals deutlich erweitert, so dass heutzutage bereits auf die Kombination mit festsitzenden Apparaturen immer mehr verzichtet werden kann. Es lassen sich mittlerweile auch komplexe Behandlungen mit ausgeprägten Zahnfehlstellungen ohne Zusatzmaßnahmen vorhersagbar therapieren. Bei dem in den Abbildungen 6a bis d gezeigten Patientenbeispiel handelt es sich um die Behandlung eines ausgeprägten Engstandes mit 40 Alignerpaaren (Abb. 6a und b), welche ohne Nachkorrekturen oder weitere Hilfsmittel exakt der virtuellen Planung des ClinChecks (Abb. 6c) entsprach (Abb. 6d).

Neben einem Multilayer-Alignermaterial wurden in letzter Zeit u. a. spezielle voraktivierte Attachments („SmartForce“) zur Bewegungsoptimierung eingeführt. Dadurch sind auch systematische Prämolarenextraktionen mit anschließendem Lückenschluss möglich, wobei unabhängige klinische Studien zur Wirksamkeit mit größeren Fallzahlen noch ausstehen. Variable palatinale Aufbisse („virtual bite ramps“) sollen die Behandlung des Tiefbisses erleichtern, aber es fehlen auch hier noch valide klinische Studien, die dies bestätigen. Vor allem beim Vorliegen einer ausgeprägten skelettal-horizontalen Gesichtskonfiguration in Kombination mit einer Bruxismusanamnese dürfte es nach wie vor schwieriger als in der Lingualtherapie sein, den gewünschten bissöffnenden Behandlungseffekt zu erreichen. Weitere Modifikationen zur Verbesserung der Korrektur in sagittaler und transversaler Richtung sind von Align Technology geplant.

Seit Mitte 2015 steht zudem mit dem „ClinCheck Pro“ eine internetbasierte kieferorthopädische Behandlungssoftware zur Verfügung, die eine individuelle, interaktive Behandlungsplanung und -simulation in bisher nicht bekannter Weise dreidimensional bereits vor Therapiebeginn ermöglicht (vgl. Abb. 6c). Dabei können die Ziele exakt nach Angaben des Fachzahnarztes virtuell bestimmt sowie modifiziert werden und sind nicht in dem Sinne wie beispielsweise bei manchen lingualen Labor-Set-ups determiniert.

copyright by
not for publication
Quintessenz

Abb. 6a Ausgangsbefund: ausgeprägter Engstand mit transversaler Kompression (Frontalansicht)

Abb. 6b Ansicht des lächelnden Patienten mit Alignern während der Invisalign-Behandlung

Abb. 6c ClinCheck-Planung – definiertes Behandlungsziel mit 40 „stages“ (Frontalansicht)

Abb. 6d Klinisches Endergebnis nach dem Einsatz von 40 Alignern pro Kiefer (mit Bleaching und Kompositversorgung durch *Stefan Paul*)

Copyright © Quintessenz not for publication

Fazit

Während die Möglichkeiten der kieferorthopädischen Erwachsenenbehandlung mit wenig sichtbaren Therapiemitteln bei der Lingualtechnik bereits heute weitgehend denen der herkömmlichen festsitzenden Apparaturen entsprechen, ist es das erklärte Ziel der Aligner-Hersteller, die bisherigen Indikationsgrenzen der Behandlung mit Miniplastschienen kontinuierlich so zu verschieben, dass sich eines Tages unter Umständen fast sämtliche Malokklusionen ausschließlich mit Hilfe von Alignern behandeln lassen. Angesichts der in den letzten Jahren erfolgten, zunächst nicht erwarteten deutlichen Erweiterung des Indikationsspektrums und des noch bestehenden Entwicklungspotenzials in der Aligner-Therapie kann man spekulieren, dass sowohl die bukkalen als auch die lingualen, fest mit den Zähnen verbundenen Behandlungsapparaturen in Zukunft zunehmend durch herausnehmbare, transparente Kunststoffschienen substituiert werden könnten. Schon jetzt stellt die Aligner-Therapie die zurzeit am wenigsten invasive und zudem diskreteste kieferorthopädische Behandlungsoption bei Erwachsenen dar, zumal sich die transparenten Schienen im Bedarfsfall auch einfach herausnehmen lassen. Die Auswahl des zur Korrektur der jeweiligen Dysgnathie am besten geeigneten Therapiemittels bzw. die Kombination verschiedener Techniken obliegt jedoch immer dem geschulten Fachzahnarzt, der auf das gesamte Portfolio kieferorthopädischer Behandlungsapparaturen zugreifen kann.

Literatur

1. Alobeid A, El-Bialy T, Khawatmi S, Dirk C, Jäger A, Bourauel C. Comparison of the force levels among labial and lingual self-ligating and conventional brackets in simulated misaligned teeth. Eur J Orthod 2017 Jan 25 [Epub ahead of print].
2. Dr. Craven Kurz; Orthodontist invented ‚invisible braces'. Los Angeles Times, 09.04.1998. Internet: http://articles.latimes.com/1998/apr/09/local/me-37662. Abruf: 28.03.2017.
3. Drechsler T. Neues vom TOP-System. Vortrag. Weimar: 8. DGLO-Workshop, 22.01.2005.
4. Göz G. Stellungnahme der DGKFO zur Behandlung mit Alignern. Stand: Januar 2010. Internet: www.dgkfo-vorstand.de/fileadmin/redaktion/stellungnahmen/Stellungnahme_Aligner.pdf. Abruf: 28.03.2017.
5. Gu J, Tang JS, Skulski B et al. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2017;151:259-266.
6. Hahn W. Lingualtechnik – Akzeptanz und Zungenfunktion unter individueller kieferorthopädischer Apparatur. Masterthesis. Hannover: Medizinische Hochschule, 2009.
7. Hohoff A, Doering S, Böttcher D. Restriktionen vor und während der Therapie mit differenten, vollständig individuellen lingualen Apparaturen (vilA). Vortrag. Hannover: 89. Wissenschaftliche Jahrestagung der DGKFO, 16.09.2016.
8. Hohoff A, Seifert E, Fillion D, Stamm T, Heinecke A, Ehmer U. Speech performance in lingual orthodontic patients measured by sonagraphy and auditive analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;123:146-152.
9. Jost-Brinkmann P-G, Drost C, Can S. In-vitro-Studie zur Haftfestigkeit von Brackets auf Metallen, Keramik und Komposit. Teil 1: Kleben auf Edelmetallen und Amalgam. J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop 1996;57:76-87.
10. Jost-Brinkmann P-G, Müller-Hartwich R. Die Lingualtechnik. Zahnärztl Mitt 2003;93(22):54-58.
11. Jost-Brinkmann P-G, Tanne K, Sakude M, Miethke R-R. FEM-Studie zum biomechanischen Vergleich von labialem und palatinalem Kraftangriff an oberen Inzisivi. Fortschr Kieferorthop 1993;54:76-82.
12. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. Am J Orthod Oral Surg 1945;31:297-304.
13. Knösel M, Helms H-J. Post-orthodontische Schmelzentkalkungen und resultierende Folgekosten: Welche Perspektiven bieten linguale Apparaturen? Vortrag. Hannover: 89. Wissenschaftliche Jahrestagung der DGKFO, 17.09.2016.
14. Miethke R-R, Brachwitz J. Die Entwicklungsgeschichte von Align Technology. Kieferorthopädie (Sonderheft Invisalign) 2001;15:55-56.
15. Schaefer I, Schwarze J, Neuschulz J, Braumann B. Nachuntersuchung einer Invisalign-Patientenkohorte im Erwachsenenalter. 5-Jahres-Verlauf von Mundgesundheit und Lebensqualität. Posterpräsentation. München: 87. Jahrestagung der DGKFO, 12.09.2014.
16. Schopf P. Die unsichtbare Zahnklammer. Stellungnahme der DGKFO zur Invisalign-Methode. Zahnärztl Mitt 2001;91:2376-2378.
17. Scuzzo G, Takemoto K. Invisible orthodontics: current concepts and solutions in lingual orthodontics. Chicago: Quintessence, 2003:11-13, 23-38.
18. Sheridan JJ, Armbruster P, Nguyen P, Pulitzer S. Tooth movement with Essix mounding. J Clin Orthod 2004;38:435-441.
19. Stamm T, Hohoff A, Ehmer U. A subjective comparison of two lingual bracket systems. Eur J Orthod 2005;27:420-426.
20. Toll D. Konventionelle Positioner und Schienenpositioner (SP). Vortrag. Linfano: The Biological Straight Arch Society, 22.06.1989.
21. Wilmes B, Drescher D, Nienkemper M. A miniplate system for improved stability of skeletal anchorage. J Clin Orthod 2009;43:494-501.
22. Wiechmann D, Gerss J, Stamm T, Hohoff A. Prediction of oral discomfort and dysfunction in lingual orthodontics: a preliminary report. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133:359-364.
23. Wiechmann D, Rummel V, Thalheim A, Simon JS, Wiechmann L. Customized brackets and archwires for lingual orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Ortop 2003;124:593-599.
24. Wiechmann D, Schwestka-Polly R, Hohoff A. Herbst appliance in lingual orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;134:439-446.
25. Zahnspangen. 3M Unitek-Patienteninformationen Clarity SL. Seefeld: 3M Deutschland GmbH, 2017.