

REVISTA ESPAÑOLA DE ORTODONCIA

Artículo original

Biomecánica en ortodoncia transparente

JUAN CARLOS RIVERO LESMES¹, FARA YESTE OJEDA² Y ANA NOGAL COLOMA³



J.C. Rivero

RESUMEN

El gran desarrollo y el progreso de las técnicas de ortodoncia transparente han sido posibles gracias a la biotecnología, en base a la evidencia y la eficacia clínica y por estudios de investigación en bioingeniería e informática, haciendo posible que estas técnicas lleguen a ser auténticos sistemas terapéuticos, sin olvidar que la biología, la fisiología, los conceptos biofísicos, biomecánicos, bioquímicos y bioeléctricos que sostienen a la ortodoncia como especialidad dentro de la odontoestomatología siguen siendo los mismos. En el presente trabajo pasamos revista a los principios biomecánicos que sustentan los movimientos ortodóncicos necesarios para la corrección terapéutica de las distintas maloclusiones.

Palabras clave: Ortodoncia transparente. Biomecánica. Alineadores. Maloclusiones. Intrusión. Extrusión. Rotación. Inclinación. Torque. Distalización. Mesialización. Expansión. Ateses. Anclaje diferencial.

Biomechanics in transparent orthodontics

J.C. Rivero Lesmes, F. Yeste Ojeda and A. Nogal Coloma

ABSTRACT

The great development and progress of Transparent Orthodontics techniques has been possible thanks to biotechnology, based on clinical evidence and efficacy and research studies in bioengineering and software technology, making it possible for these techniques to become authentic Therapeutic Systems, without forgetting that the biology, the physiology, the biophysical, biomechanical, biochemical, bioelectrical concepts, that sustain the Orthodontics, as a specialty within the OdontoEstomatology, remain the same. In the present work, we review the biomechanical principles that support the orthodontic tooth movements necessary for the therapeutic correction of the different malocclusions. (Rev Esp Ortod. 2018;48:5-13).

Corresponding author: Ortomáster, ortodonciarivero@gmail.com

Keywords: Transparent Orthodontics. Biomechanics. Aligners. Malocclusions. Intrusion. Extrusion. Rotation. Tilt. Torque. Distalization. Mesialization. Expansion. Attachments. Differential Anchorage.

INTRODUCCIÓN

Desde que Kesling¹ describió en 1945 el sistema de ortodoncia transparente, *Tooth Positioner*, son muchos los conceptos biomecánicos aprendidos y desarrollados por clínicos e investigadores, en la mayoría de los casos mediante el conocido método ensayo-error.

Este desarrollo ha sido impulsado por la biotecnología, por el deseo y la creencia en la eficacia de estos aparatos por parte de algunos clínicos e ingenieros, por estudios de investigación y por los medios de los que dispone la odontología en la actualidad, haciendo posible que las técnicas lleguen a ser auténticos sistemas terapéuticos. Gracias a todo ello hemos logrado que incluso el sector profesional

¹Médico estomatólogo, Doctor en medicina y cirugía, Profesor Titular de Profilaxis, Estomatología Infantil y Ortodoncia. Director del Máster de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilar. Institución Mississippi y U.S.P. CEU. Miembro diplomado de la SEDO. Miembro activo de la EOS. Ortodoncista de práctica exclusiva. Madrid; ²Odontóloga, Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilar. USP, CEU. Miembro de la SEDO. Ortodoncista de práctica exclusiva. Madrid; ³Odontóloga, Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilar. IUM. Ortodoncista de práctica exclusiva. Madrid

Correspondencia: Ortomáster, Ortodoncia Rivero. Viriato, 24. 28010, Madrid. E-mail: ortodonciarivero@gmail.com

ortodóncico más increíble haya tenido, por fin, que girar la cabeza, abrir su mente y escuchar las evidencias clínicas y científicas que, a día de hoy, sustentan a estos nuevos sistemas de ortodoncia transparente, amenazando la continuidad y sostenibilidad de la aparatología fija convencional.

Sin embargo, no debemos olvidar que, aunque la ortodoncia, los materiales, los avances informáticos, el diagnóstico y la planificación 3D, y la eficacia de los aparatos han experimentado una mejora indudable en los últimos años, la biología, la fisiología y los conceptos biofísicos, biomecánicos, bioquímicos y bioeléctricos que sostienen a nuestra disciplina odontológica siguen siendo los mismos.

La biomecánica² se define como el área de conocimiento interdisciplinaria que estudia los fenómenos cinemáticos y mecánicos que presentan los seres vivos considerados como sistemas complejos formados por tejidos, sólidos y cuerpos mecánicos. Por tanto, la biomecánica se interesa por el movimiento, el equilibrio, la física, la resistencia y los mecanismos que pueden producirse en el cuerpo humano como consecuencia de la aplicación de diversas acciones físicas.

El movimiento dentario se produce a causa de la aplicación de fuerzas sobre los dientes, poniéndose en marcha una compleja cadena de fenómenos bioquímico-físicos que generan cambios morfológicos estructurales de los dientes que, por su elasticidad, se deforman transitoriamente, dando lugar a fenómenos piezoeléctricos bioeléctricos, que provocan cambios en la polaridad eléctrica de la membrana celular de todos los tejidos circundantes. Esto se produce debido a que estos momentos físicos rompen el equilibrio de fuerzas que mantienen a los dientes en la posición inicial, originando fenómenos de reabsorción y aposición ósea que permiten mover los dientes hacia la posición deseada. Para alcanzar la respuesta celular correcta debemos aplicar estímulos precisos². Existe una variabilidad individual, en relación a la resistencia biológica al movimiento, condicionada por factores sistémicos, genotipo, fenotipo, función masticatoria y actividad neuromuscular. Hemos de saber que todos estos factores que predisponen a conseguir el movimiento dentario tras la aplicación de fuerzas son ajenos al tipo de aparatos que usemos, pero juegan un papel fundamental dentro del resultado final biomecánico.

Inicialmente, los alineadores se limitaban a la corrección de maloclusiones leves o moderadas; sin embargo, el desarrollo de nuevos protocolos y sistemas de fuerzas han posibilitado la corrección de maloclusiones de mayor gravedad con este nuevo sistema ortodóncico. Las innovaciones introducidas en el sistema Invisalign™ durante las últimas dos décadas facilitan el control de los movimientos tanto coronales como radiculares^{3,4}.



Figura 1. Áreas de contacto entre el alineador y la superficie de la corona dentaria.

CONCEPTOS BIOMECÁNICOS EN ORTODONCIA TRANSPARENTE

Es necesario comprender que los aparatos utilizados en los sistemas de ortodoncia transparente están diseñados para adaptarse íntimamente, y de forma precisa, con la forma de la corona clínica de los dientes⁵. Esto implica que el control y las fuerzas aplicadas por los aparatos no se producen dentro de una ranura ni son provocadas por un arco, sino que son aplicadas mediante millones de puntos que constituyen superficies, o áreas de contacto, entre el plástico del alineador y la corona dentaria (Fig. 1).

El alineador o aparato, al presentar exactamente la misma geometría que la corona, es capaz de provocar o generar el movimiento del diente por un cambio de posición programada virtualmente en cada etapa del tratamiento. Este cambio en la posición o localización del diente es eficaz para generar un cambio en la posición de la corona mediante la inclinación y/o angulación de la misma solo mediante el cambio de alineadores secuenciados. Sin embargo, si quisiéramos provocar un cambio efectivo de la raíz, sería necesario la aplicación de más momentos y fuerzas para el control de la misma, lo que requiere la incorporación de más áreas activas de contacto, a través de unos anclajes o ataches que modifican la forma del diente y transmiten fuerzas totalmente individualizadas.

Por tanto, el objetivo de los ataches en ortodoncia transparente es aportar superficies activas de empuje, además de aumentar las superficies de control (Fig. 2).

Según Hennesy y Al-Awadhi⁷, el uso de ataches permite un mayor control en los movimientos de intrusión y de angulación de la raíz. Por otro lado, el uso de elásticos también implementa la acción del atache, y podemos utilizarlos para liberar fuerzas de control que mejoran la interacción entre el alineador y el atache. Ravera, et al.⁸ también describen cómo el uso de ataches minimiza la angulación (*tip*) de la corona durante los movimientos de distalización molar en tratamientos de clase II.

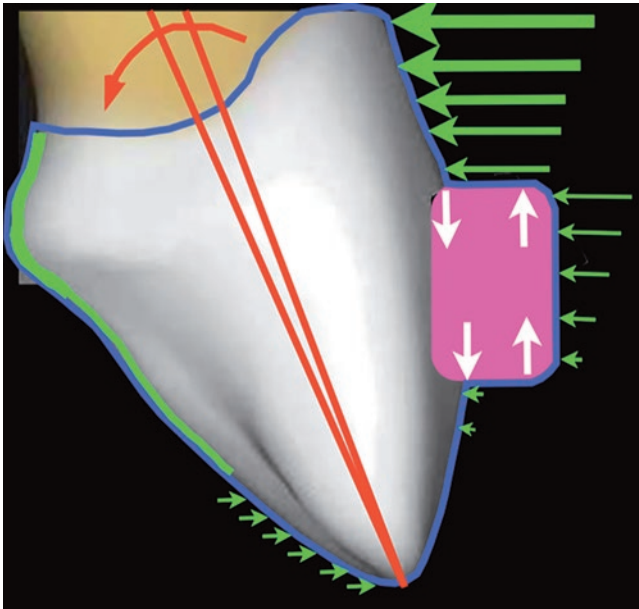


Figura 2. Ataches como superficies activas de empuje que aumentan las superficies de control y actividad biomecánica.

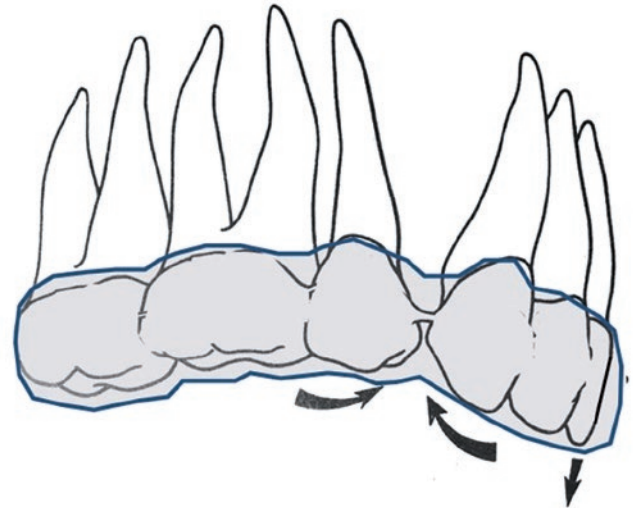


Figura 3. Esquema que representa el efecto Bowing en ortodoncia transparente.

MATERIAL PLÁSTICO EN ORTODONCIA TRANSPARENTE

En la consecución de los movimientos dentarios y en la obtención de resultados clínicos es el material plástico, utilizado en ortodoncia transparente, el que libera las «fuerzas disipantes» sobre las superficies de contacto. Por tanto, este material es uno de los factores que juega un papel principal. En la actualidad, el sistema de ortodoncia transparente, Invisalign™ utiliza un polímero multicapa que aporta mejoras en cuanto a la deflexión, claridad, resiliencia, elasticidad, activación, fuerza de inserción, mayor tiempo de trabajo liberando fuerza, magnitud de las fuerzas, comodidad y mayor control y contacto sobre la superficie dentaria. Todas estas cualidades, mejoradas con respecto al material anterior (ES30), producen claros beneficios en relación con el movimiento dentario⁴.

EFFECTO MONTAÑA RUSA

Uno de los fenómenos más conocidos que se produce durante el cierre de espacios es el conocido como efecto *bowing* o efecto montaña rusa. Este fenómeno se evidencia mediante la retroinclinación de incisivos y canino durante el cierre de espacios, además de una rotación a distal e inclinación de la corona del canino también a distal. Tiene lugar como resultado de las fuerzas elásticas que pretenden cerrar el espacio⁴.

En el caso de la ortodoncia transparente, este mismo fenómeno se manifiesta a través de una pérdida de torque

de incisivos y una pérdida de anclaje posterior, lo que se produce en la mayoría de los casos por un efecto de compresión en el plano sagital, es decir, un acortamiento de la longitud del alineador durante el cierre de espacios. Se visualiza así una curva de Spee invertida en la que aparentemente hay una intrusión de los premolares y una lingualización de los incisivos (Fig. 3).

En los sistemas de ortodoncia transparente también se puede observar esta situación biomecánica en casos de tratamiento de clase II mediante distalización, ya que esta distalización produce diastemas o espacios temporales que luego hemos de cerrar progresivamente distalizando diente a diente en toda la arcada. En caso de pérdida de resalte, muchas veces ocasionada por efecto de los elásticos de clase II, podemos observar una retroinclinación inesperada y no planificada virtualmente de los incisivos. De esta forma, y debido a que existe un contacto anterior prematuro no previsto y que impide la distalización del sector anterior, se puede provocar la mesialización del molar o inclinación de la corona de dicho molar hacia mesial.

La manera de evitar que aparezca esta situación es mediante la secuencia de los movimientos y utilizando ataches para controlar la corona y la raíz, y evitar así la inclinación excesiva de las coronas o, lo que es lo mismo, realizando movimientos de inclinación controlada y permitiendo el acompañamiento de la raíz al movimiento de la corona. El modo más eficaz es mediante movimientos muy secuenciados y ataches verticales rectangulares (Fig. 4).



Figura 4. Ataches rectangulares verticales ubicados en las coronas de dientes posteriores para minimizar el movimiento de inclinación durante la distalización, primero de los 7's y después de los 6's, hasta lograr la clase I molar. Después vendrá la distalización secuenciada de premolares, caninos y frente incisal.

La ventaja que nos aporta la planificación virtual del tratamiento con el sistema de ortodoncia transparente Invisalign™ frente a otros sistemas de ortodoncia es la posibilidad de visualizar esta secuencia de los movimientos a fin de aumentar su predictibilidad. De esta forma, en la planificación del tratamiento de la clase II podemos programar el inicio del movimiento de un diente al finalizar otro y, al mismo tiempo, comenzar a realizar un movimiento de torque coronovestibular y radiculolingual en los dientes anteriores, para evitar o minimizar la retroinclinación de la corona de los incisivos y la disminución del resalte. Es interesante también en estos casos minimizar el efecto de los elásticos sobre los incisivos, colocando el anclaje del elástico sobre un diente (botón), en vez de a un corte en el aparato o alineador.

TERCERA LEY DE NEWTON

«Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y en sentido contrario». Este fenómeno físico es una de las claves en biomecánica ortodóncica para entender los fenómenos que ocurren durante el tratamiento de ortodoncia al aplicar fuerzas sobre los dientes². Los sistemas de anclaje en ortodoncia se basan también en este principio. Debemos saber que, en ortodoncia transparente, el alineador es el que empuja al diente en una dirección u otra, y que el mismo alineador ejercerá una fuerza de la misma intensidad e igual dirección, pero en sentido opuesto, en los dientes adyacentes, es decir, en los dientes en los que se apoya para ejercer una fuerza y producir un movimiento. Este es el motivo por el que tenemos que aplicar los conceptos de anclaje también en los sistemas de ortodoncia transparente, conceptos que explicaremos a continuación^{1,4}.

ANCLAJE DIFERENCIAL

Según Kesling¹, el control del anclaje y el movimiento diferencial únicamente pueden conseguirse si separamos en la mecánica ortodóncica la inclinación dentaria y el mecanismo de enderezamiento radicular en diferentes fases.

Cuando se aplica una fuerza recíproca entre dientes posteriores que tienen diferente superficie radicular, el grado de movimiento no solo dependerá de esa superficie radicular, sino también del tipo de movimiento con el que cada uno se desplaza.

El «anclaje diferencial intraarcada» en los sistemas de ortodoncia transparente se consigue como consecuencia de apoyarnos en unos dientes para mover otros dentro de la misma arcada. Esto ocurrirá tanto en los dientes superiores como en los inferiores, en el sector anterior o posterior y en los tres planos del espacio (Fig. 4).

El anclaje diferencial entre dientes de la misma arcada es útil cuando realizamos un movimiento de mesialización o distalización, o bien cuando llevamos a cabo un movimiento de expansión e incluso de intrusión. En estos casos mantenemos unos dientes de la arcada inmóviles, al mismo tiempo que comenzamos a mover los dientes seleccionados. El resultado de estos movimientos diferenciales dentro de la misma arcada será el aumento de la predictibilidad de los mismos. Aplicando estos principios evitamos que, si el aparato está ejerciendo una fuerza de distalización sobre unos dientes, se produzca realmente una mesialización de los dientes que sirven de anclaje.

El anclaje diferencial también ocurre como efecto de los elásticos entre la arcada maxilar y la arcada mandibular, que se conoce también como «anclaje interarcada». Consiste en utilizar la arcada antagonista como anclaje de la arcada en la que se va a realizar el movimiento, consiguiendo bloquear las fuerzas de reacción de misma dirección, pero en sentido contrario, que aparecen sobre unos dientes al intentar mover los dientes adyacentes. Este es un concepto biomecánico fundamental en el que se basa el éxito en ortodoncia (Fig. 5).

TIPOS DE MOVIMIENTOS

Los sistemas de ortodoncia transparente están diseñados para mover proporcionalmente la raíz con respecto a



Figura 5. Uso de elásticos de clase III como elementos de anclaje interarcada para distalizar secuencialmente los molares inferiores, y así corregir la clase III dentaria sin necesidad de exodoncias.

la corona, es decir, programa los movimientos modificando el eje axial (longitudinal) del diente. Gracias a esta característica, el alineador puede controlar todos los movimientos dentales de manera individual: intrusión, extrusión, rotación, inclinación simple, inclinación controlada, traslación y movimiento de la raíz. El alineador aplica las fuerzas necesarias sobre las coronas dentarias y las superficies activas creadas en los ataches para controlar el movimiento de los dientes⁶.

Es importante saber que tanto la secuencia de movimientos como la planificación deberán ser diseñadas y supervisadas por un clínico, puesto que el software del sistema no realiza, ni aplica por sí solo, conceptos biomecánicos de ortodoncia. Estos estarán en función del diagnóstico esquelético, dentario y funcional del paciente. No existen dos pacientes iguales, lo que implica que cada maloclusión requiere de estrategias biomecánicas diferentes, y es responsabilidad del clínico el ejecutarlas correctamente y de manera eficaz. El sistema de ortodoncia que utilizamos es solo la herramienta que necesitamos para conseguirlo.

El movimiento programado de los dientes, para cada caso, determina el diseño de los sistemas de fuerza que se aplicarán a cada diente en particular. Por su parte, el alineador está diseñado para aplicar estas fuerzas predefinidas en función de la planificación previa virtual que hemos realizado y mediante el uso de un software específico que, a través de funciones logarítmicas matemáticas, diseña el aparato e introduce funciones específicas para la optimización y eficiencia en la obtención de los resultados.

Con la ortodoncia transparente durante el movimiento dentario se programa un «desajuste» o espacios predeterminados entre el alineador y el diente, en cada etapa de tratamiento, lo que permite que los dientes se desplacen, lo cual se consigue mediante la confección de un modelo virtual. El siguiente alineador, que corresponde a la nueva posición deseada de los dientes, una vez que se inserta en la cavidad oral, produce, con cada desajuste, un sistema de fuerzas que se transmiten directamente a las superficies

coronales del diente y superficies activas de los ataches, generando una cadena mecánica-biológica de pequeños movimientos que tienen como resultado la nueva posición del diente.

La determinación del «mejor» sistema de fuerza que debe aplicarse para un movimiento tiene varios factores clínicos⁵ a considerar:

- En primer lugar, los sistemas de fuerza se miden alrededor de un supuesto centro de resistencia del diente. La localización del centro de resistencia será más precisa, ya que las imágenes radiográficas del haz de cono proporcionan más información sobre el tamaño y la forma de las raíces, y esto conlleva un mejor control.
- En segundo lugar, los alineadores están diseñados para aplicar una fuerza ligera, para obtener una respuesta biológica óptima, como se define comúnmente en la literatura.

Se trata de fuerzas ligeras, y que nosotros definimos como «disipantes» aplicados en millones de vectores que constituyen áreas o superficies activas.

- En tercer lugar, la fisiología de los adultos puede ser lenta a la hora de responder a las fuerzas ortodóncicas, pero el diseño de los alineadores permite que haya el tiempo biológico necesario para la respuesta fisiológica individual de cada paciente, ya que los accesorios optimizados están diseñados para ser incorporados en las tres primeras etapas de los alineadores.

Movimiento de intrusión

La intrusión es un movimiento con gran controversia respecto a su predictibilidad: autores como Rossini⁹ y Garino¹⁰ registraron una media de 0,72 mm de movimiento intrusivo en los casos tratados de sobremordida. La intrusión de los incisivos centrales superiores presentó una predictibilidad del 44,7% y la de los inferiores del 46,6%,

según estos autores. Sin embargo, otras publicaciones¹¹ reportan una predictibilidad del 79% en el movimiento intrusivo de los dientes anteriores.

Dentro del movimiento de intrusión distinguimos la intrusión relativa y la absoluta. La primera es la que se produce cuando hay una proinclinación o vestibulo versión de la corona, mientras que la segunda es una intrusión pura del diente a lo largo de su eje. Esta última solo es posible si los dientes se encuentran correctamente posicionados respecto a su base ósea. La intrusión relativa por proinclinación es considerada más predecible que la absoluta, y es la consecuencia en el plano vertical del movimiento de la corona hacia vestibular.

La intrusión de los dientes posteriores es la estrategia biomecánica de primera elección para la corrección de las infraoclusiones o mordidas abiertas anteriores. Sin embargo, Ng, et al.¹², en su revisión sistemática publicada en 2006, admiten que no existe evidencia científica que demuestre que se produce intrusión molar mediante el uso de levantes posteriores; solo se ha podido demostrar la intrusión de sectores posteriores mediante el uso de anclaje extraoral o con anclaje óseo a través del uso de minitornillos (dispositivos de anclaje temporal) o bien mediante cirugía ortognática. Artículos más recientes, como el publicado por Vela, et al.¹³ en 2017, concluyen que los topes posteriores o *build-ups* podrían conseguir una intrusión posterior de hasta 1 mm en función de la actividad muscular del paciente. En ortodoncia transparente, para conseguir de manera eficaz intrusión posterior absoluta con los aparatos, debemos planificarla de manera secuencial tanto en molares como en premolares. Esto implica que debemos empezar por el diente más distal y, anclándonos en los dientes adyacentes, con ataches para retención de los aparatos, el alineador ejercerá una fuerza en la superficie oclusal sobre los dientes seleccionados.

Giaconti, et al.¹⁴ sostienen que la cantidad máxima de intrusión producida por el alineador es de 2 mm, y que esta intrusión de molares se acompaña de un cambio en la posición mandibular, permitiendo una rotación «antihoraria» de la misma, lo que resulta favorable para el tratamiento de mordidas abiertas anteriores en pacientes con hiperdivergencia de bases óseas. Además, afirman que el sistema Invisalign™ permite corregir las maloclusiones de mordida abierta anterior de forma eficaz gracias al control vertical que aportan los alineadores y la incorporación de superficies de empuje accesorias que permiten la extrusión de los dientes anteriores.

En los últimos años, la introducción de los minitornillos –también conocidos como dispositivos de anclaje temporal– ha incrementado las posibilidades de tratamiento y ha permitido corregir las maloclusiones de mordida abierta anterior

con tratamientos exclusivamente ortodóncicos. De esta forma, es posible ofrecer una opción de tratamiento eficaz menos invasiva, indicada en casos determinados, como alternativa a la cirugía ortognática¹⁵.

Actualmente, son escasas las publicaciones de tratamientos de mordida abierta anterior con alineadores asociados a intrusión molar con minitornillos. Autores como Park, et al.¹⁶ y Giaconti, et al.^{14,16} reportan una intrusión molar media de 2 mm obtenida mediante «minitornillos». Giaconti, et al.¹⁶, en su publicación de 2014, ilustran dos casos de mordida abierta anterior tratados en dos fases: una primera en la que realizan la intrusión molar con «minitornillos», seguida de una segunda fase de tratamiento ortodóncico con alineadores, en la que se refleja la cantidad de intrusión molar mencionada anteriormente.

Movimiento de extrusión

La extrusión es considerada también un movimiento poco predecible y con mayor dificultad de conseguir con ortodoncia transparente. Según Kravitz, et al.¹¹ tiene una predictibilidad media del 29%. La extrusión de los incisivos centrales superiores tiene una menor predictibilidad que la de los inferiores (18 frente al 24%).

En la extrusión de dientes anteriores, igual que la intrusión, hemos de distinguir entre extrusión relativa o absoluta. La relativa se produce por retroinclinación de la corona, mientras que la absoluta es la extrusión del diente a lo largo de su eje, sin variar su inclinación (Fig. 6).

La extrusión de dientes posteriores suele ser necesaria en el tratamiento de maloclusiones de mordida profunda, en el que se combina la intrusión de dientes anteriores, ya sea relativa o absoluta, con la extrusión de los posteriores para conseguir nivelar la curva de Spee. Para permitir la extrusión de dientes posteriores es necesario la planificación de la misma y conseguir la desoclusión posterior utilizando rampas de mordida anteriores.

Movimiento de distalización

La distalización es el movimiento de los dientes de la arcada, en conjunto o de forma individual, hacia distal. En las maloclusiones de clase II se producirá la distalización de la arcada superior, mientras que la distalización de la arcada inferior será útil para la corrección de la maloclusión de clase III. La distalización de ambas arcadas debe ser «*secuenciada*» y siempre implementada con el uso de elásticos intermaxilares.

Para el control de la raíz durante el movimiento de distalización y conseguir la distalización mediante inclinación controlada es recomendable el uso de ataches. Se pueden utilizar en los dientes durante su distalización o



Figura 6. Imágenes intraorales y ClinCheck de un caso clínico: inicio, evolución con attaches de extrusión en incisivos superiores y final del tratamiento.

como elemento de retención una vez distalizados los mismos. Se trata de attaches que evitan el movimiento de inclinación coronal y, por tanto, una extrusión e intrusión relativa de la corona durante la distalización¹⁵.

Movimiento de mesialización

El término *mesialización* hace referencia al movimiento de uno, varios o todos los dientes de la arcada hacia mesial. En función del tipo de maloclusión y el origen de la misma, se requerirá la mesialización de la arcada superior al completo, de la inferior o de dientes aislados para conseguir los objetivos del tratamiento. El movimiento mesial de dientes aislados dentro de la arcada se produce en casos de cierre de espacios de extracción¹⁸, o del conjunto de los dientes de manera secuencial y en toda la arcada, en casos específicos, en los que el objetivo terapéutico para la corrección de la clase II no sea la distalización de la arcada superior, sino la mesialización de la arcada inferior (no hablamos de avance mandibular funcional u ortopédico)¹⁸.

Los attaches rectangulares verticales en canino, premolar y/o molares adyacentes al espacio de extracción permiten conservar el paralelismo radicular tras el cierre del espacio de extracción y, por consiguiente, aumentan la predictibilidad del cierre de espacios de extracción de un incisivo inferior, que resulta útil en el tratamiento de la clase III¹⁹.

Movimiento de rotación

Kravitz, et al.¹¹ y Rossini, et al.¹⁵ sostienen que la rotación es uno de los movimientos menos predecible con ortodoncia transparente, especialmente la de caninos y premolares. La precisión de rotación de los caninos inferiores (29%) es menor que la de los superiores (32%), incisivos centrales superiores (55%) y laterales inferiores (52%).

Lo importante en este tipo de movimiento es conseguir que las fuerzas o momentos necesarios para empujar el diente logren que el diente rote sobre su eje. Para ello es obligatorio el contacto entre el aparato y la superficie activa, contraria a la rotación, donde se libera la fuerza. Esta superficie activa puede ser la propia corona del diente o una superficie diseñada y posicionada, bien por el clínico o bien por un *software*, en función del movimiento, la forma y el tamaño del diente (Fig. 7).

Movimiento de angulación o inclinación mesiodistal

El movimiento de angulación o inclinación (*tip*) mesiodistal tiene una predictibilidad media del 41%¹⁵. Los incisivos laterales superiores e inferiores son los dientes en los que se consigue mayor efectividad en cuanto a *tip* mesiodistal, mientras que los caninos e incisivos centrales superiores son los menos predecibles.

Para la obtención y control del movimiento de angulación se requiere la colocación de superficies adicionales de contacto entre el alineador y la corona clínica para liberar los momentos de fuerzas necesarios. Esto es lo que permitirá el enderezamiento radicular al mismo tiempo que se mueve la corona, es decir, conseguir movimientos de traslación siempre que el momento y la fuerza sean proporcionales (Fig. 8).

Movimiento de inclinación vestibulo-lingual (torque)

El movimiento de inclinación vestibulo-lingual, según el estudio de Kravitz, et al.¹¹, tiene una predictibilidad media del 44%. Es más predecible el movimiento coronolingual que el corono-vestibular, con una predictibilidad del 76%.



Figura 7. Atache de rotación con superficie activa biselada hacia mesial para que la fuerza se ejerza de mesial a distal, y conseguir la desrotación mesio-vestibular y disto-lingual del segundo premolar inferior izquierdo.



Figura 8. Atache optimizado de tip y control radicular, para lograr el enderezamiento corono-radicular, rotación mesio-lingual y disto-vestibular, así como la extrusión del canino superior izquierdo.

Los sistemas de ortodoncia transparente proporcionan un mayor control de este movimiento precisamente por el contacto que existe entre el alineador y la totalidad de la corona del diente. El alineador hace las veces de cofia que abarca toda la corona y permite controlar los movimientos de inclinación a lo largo del eje longitudinal dentario.

Para ayudarnos a conseguir el movimiento de inclinación controlando el eje axial del diente podemos aumentar la superficie de contacto mediante un atache rectangular horizontal, ya que este permite que se liberen sobre su superficie fuerzas que contrarrestan las producidas por el alineador (vestibuloversión/linguoversión), con el fin de obtener un movimiento coronal y radicular hacia vestibular o palatino, consiguiendo movimientos de primer orden de traslación y evitando la inclinación de la corona de forma indeseada.

La obtención de movimientos de angulación de la raíz o «torque» es posible mediante sistemas de ortodoncia transparente. De acuerdo a Rossini, et al.⁹ estos movimientos presentan una predictibilidad de entre el 44 y el 51%, programando movimientos de inclinación radicular de entre 12 y 30°. Otra de las ventajas de estos sistemas de ortodoncia en relación con la inclinación del eje dentario es el control de estos movimientos durante el tratamiento. Hennessy y Al-Alwadhí⁷, en su estudio en el que

miden el control en la inclinación del incisivo inferior en casos de apiñamiento grave y comparan tratamientos realizados con sistemas de aparatología fija e Invisalign™, revelan un mayor control del incisivo inferior con el sistema Invisalign™.

INFRAOCCLUSIÓN POSTERIOR

Podemos definir la «mordida abierta posterior» o «infraoclusión posterior», como la falta de oclusión de uno o más dientes posteriores molares y premolares (mordida abierta lateral) que puede aparecer de forma uni- o multi-dental y unilateral o bilateralmente. Cuando esta infraoclusión posterior está presente en la maloclusión antes de iniciar el tratamiento puede deberse a múltiples causas de tipo esquelético, dentario y funcional. Puede encontrarse asociada a una «anquilosis dentaria» por la unión esquelética del cemento o dentina al hueso alveolar. Es habitual ver los dientes adyacentes a dientes anquilosados en infraoclusión, apareciendo así en ocasiones todo un cuadrante en infraoclusión, pero que esta no sea debida a la anquilosis múltiple dentaria. Otra posible causa de una mordida abierta posterior puede ser una hiperplasia condilar, caracterizada por un crecimiento asimétrico de uno de los cóndilos durante una fase del desarrollo craneofacial donde debería haber

finalizado el crecimiento, aunque es importante realizar el diagnóstico diferencial de hiperplasia condilar o hipoplasia condilar del lado contrario²⁰.

Una situación diferente es cuando aparece infraoclusión posterior (mordida abierta posterior) durante el tratamiento de ortodoncia con aparatos de ortodoncia transparente. No es excepcional encontrarnos con esta complicación biomecánica, que puede ser debida a varias causas, como pueden ser los contactos prematuros en el sector anterior, el grosor del material plástico utilizado, movimientos que generan efectos de intrusión relativa posterior o movimientos que provocan extrusión relativa anterior e interferencias oclusales transitorias.

No hemos encontrado bibliografía previa que hable de este fenómeno biomecánico, por lo que describiremos estas causas en relación con la evidencia clínica que hemos analizado:

- Grosor del material: el sistema de ortodoncia transparente utiliza aparatos plásticos cuyo grosor es de 0,75 mm. De acuerdo a varias publicaciones^{14,18}, el uso de un dispositivo interpuesto entre las dos arcadas puede provocar intrusión dentaria en función del patrón neuromuscular del paciente. Por tanto, dos aparatologías plásticas colocadas sobre las caras oclusales de ambas arcadas, durante una media de 22 h de uso diario, pueden crear una intrusión relativa de 1,5 mm en la zona posterior.
- Prematuridades de dientes anteriores: es frecuente que en la mecánica de tratamiento de la clase II utilicemos elásticos fuertes (4-6 oz)¹⁸ que pueden precipitar la retroinclinación de incisivos superiores o dificultar la proinclinación de la corona de dichos incisivos, ocasionando contactos prematuros e interferencias, y la pérdida de resalte durante el tratamiento. Todo esto se pone de manifiesto mediante la aparición de una disoclusión posterior y posterorrotación mandibular, camuflado bajo la llamada mordida abierta posterior.
- Prematuridades en dientes posteriores: movimientos como la expansión, distalización y mesialización provocan inclinaciones y angulaciones en la corona dentaria que generan movimientos de extrusión relativa que provocan, a su vez, prematuridades de cúspides palatinas con las crestas marginales o con cúspides vestibulares de dientes antagonistas, que se manifiestan mediante una infraoclusión posterior (pseudomordida abierta posterior). Es la intrusión relativa de las cúspides vestibulares superiores (corrección y aplanamiento de la

curva de Wilson) la que nos hace visualizar dicha disoclusión posterior¹⁸.

En caso de que estos efectos en el plano vertical que provocan la «mordida abierta posterior» no sea lo que hemos planificado, podemos minimizar este fenómeno aplicando todos los conceptos biomecánicos anteriormente explicados.

Los sistemas de ortodoncia transparente, a diferencia de la ortodoncia con aparatología fija, permiten una menor improvisación y requieren de una planificación previa que obliga al profesional a realizar un ejercicio de programación, en el que debemos aplicar toda nuestra experiencia, todos nuestros conocimientos en ortodoncia y toda nuestra pericia biomecánica para prever lo que ocurrirá durante el tratamiento, aunque esto no se aprecie en las simulaciones informáticas virtuales o *morfining 3D* que nos aporta el *software*.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod.* 1945;31:297-304.
2. Nanda R. Biomecánica y estética: estrategias en ortodoncia clínica. Ed. Amolca. 2007. ISBN: 9789806574663
3. Chan E, Darendeliler MA. The Invisalign™ appliance today: A thinking person's orthodontic appliance. *Semin Orthod.* 2017;23:12-64.
4. McLaughlin R, Bennett J, Trevisi H. Systemized Orthodontic Treatment Mechanics. Mosby Ltd. 2001. ISBN: 9780723431718.
5. Morton J, Derakhshan M, Kaza S, Li C. Design of the Invisalign™ system performance. *Semin Orthod.* 2017;23:3-11.
6. Schupp W, Haubeich J, Boisserée W, Morton J, Ojima K. Aligner Orthodontics: Diagnosis, Biomechanics, Planning and Treatment. Quintessence Publishing. 2015.
7. Hennessy J, Al-Alwadi EA. Clear aligners generations and orthodontics tooth movement. *J Orthod.* 2015;4(1):1-9.
8. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adults patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod.* 2016;17:12.
9. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* 2015;85(5):881-9.
10. Garino F, Castroflorio T, Daher S, et al. Effectiveness of Composite Attachments in Controlling Upper - Molar Movement with Aligners. *J Clin Orthod.* 2016;50(6):341-7.
11. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(1):27-35.
12. Ng J, Major PW, Flores-Mir C. True molar intrusion attained during orthodontic treatment: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(6):709-14.
13. Vela A, López-García R, García-Sanz V, Padres-Gallardo V, Lagasabater-Latorre F. Nonsurgical treatment of skeletal anterior open bite in adult patients: Posterior build-ups. *Angle Orthodontist.* 2017;87(1):33-40.
14. Giacconti A, Garino F, Mampieri G. Use of clear aligners in open bite cases: an unexpected treatment option. *J Orthod.* 2017;44(2):114-25.
15. Park YC, Lee HA, Choi NC, Kim DH. Open bite correction by intrusion of posterior teeth with miniscrews. *Angle Orthod.* 2008;78(4):699-710.
16. Giacconti A, Germano F, Muzzi F, Greco M. A miniscrew-supported intrusion auxiliary for open-bite treatment with Invisalign. *J Clin Orthod.* 2014;47(6):348-58.
17. Wheeler T. Orthodontic clear aligner treatment. *Semin Orthod.* 2017;23(1):83-90.
18. Rivero JC, Yeste F, Nogal A. Tratamiento de las maloclusiones con ortodoncia transparente. *RCOE.* 2017;22(2):87-96.
19. Malik OH, Needham R, Waring DT. Invisalign treatment of Class III malocclusion with lower-incisor extraction. *J Clin Orthod.* 2015;49(7):429-41.
20. Krey KF, Dannahauer KH, Hierl T. Morphology of open bite. *J Orofac Orthop.* 2015;76(3):213-24.

Copyright of Revista Espanola de Ortodoncia is the property of Publicidad Permanyer SLU and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.