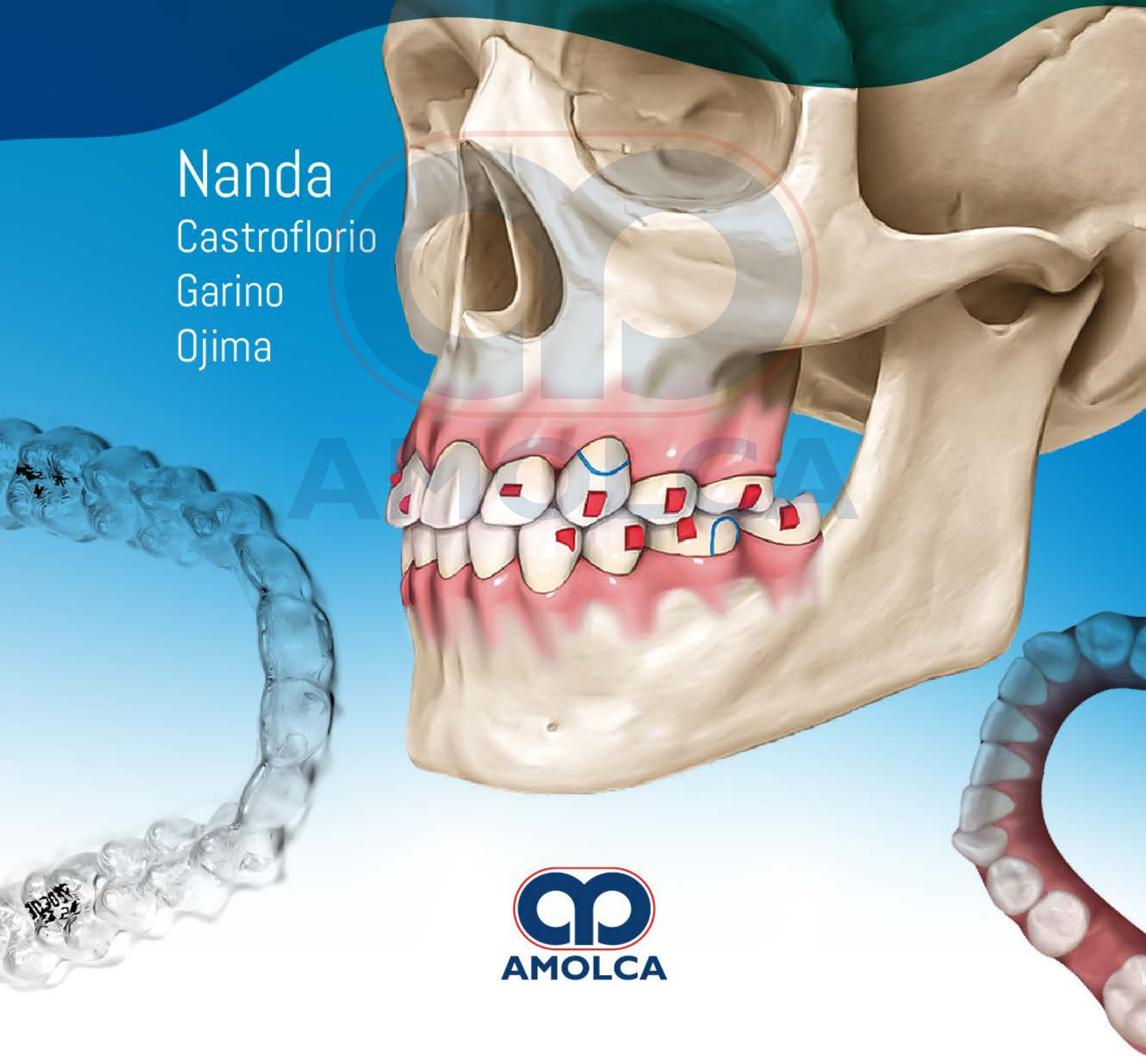


 **Biblioteca digital**

Incluye **e-Book**

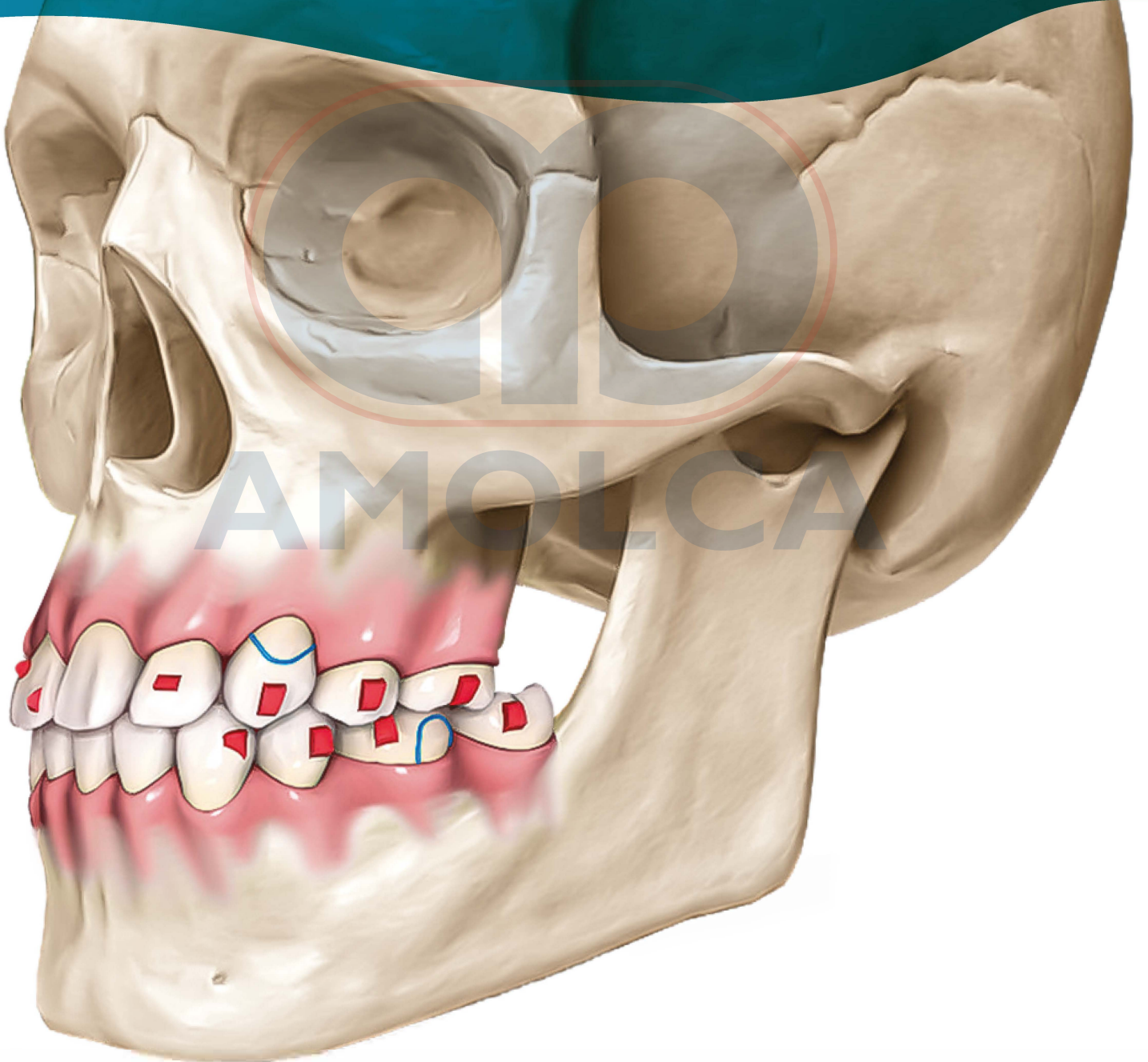
PRINCIPIOS Y BIOMECÁNICA DEL TRATAMIENTO CON ALINEADORES

Nanda
Castroflorio
Garino
Ojima




AMOLCA

PRINCIPIOS Y
BIOMECÁNICA
DEL TRATAMIENTO CON ALINEADORES



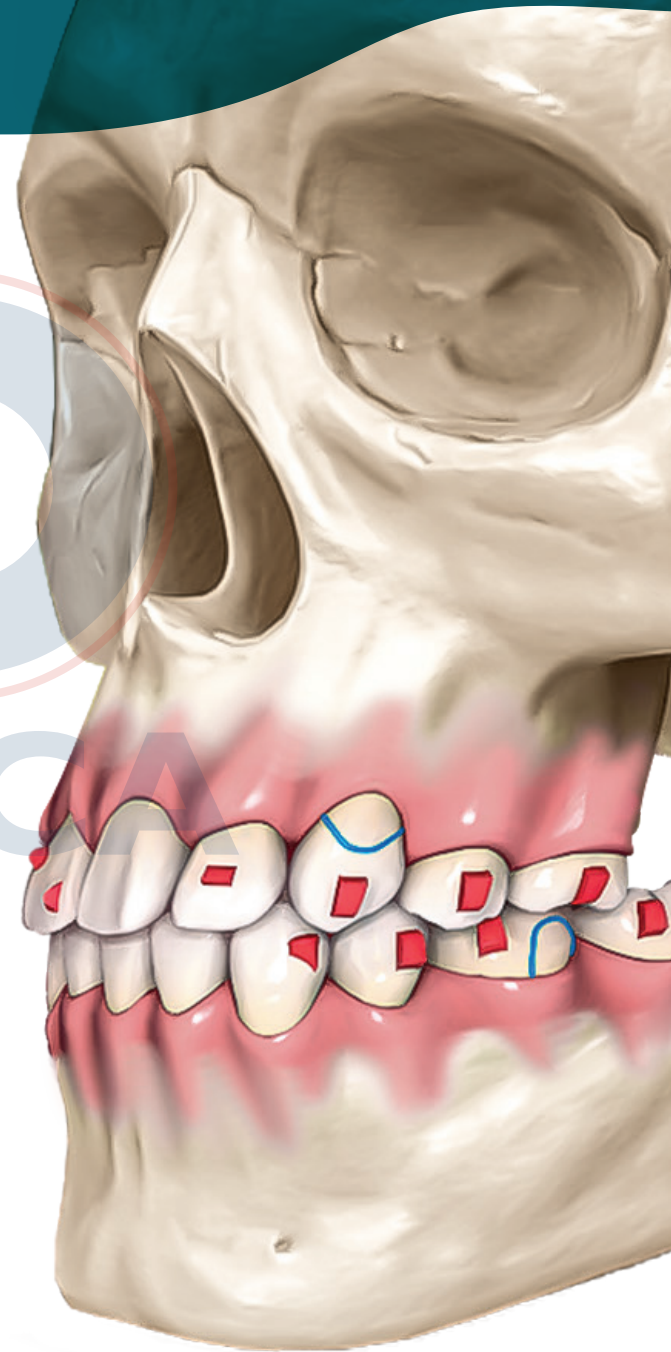
PRINCIPIOS Y BIOMECÁNICA DEL TRATAMIENTO CON ALINEADORES

Ravindra Nanda, BDS, MDS, PhD
Profesor emérito
Departamento de Ortodoncia
Centro de Salud de la Universidad de Connecticut
Farmington, Connecticut, Estados Unidos

Tommaso Castroflorio, DDS, PhD,
Especialista en Ortodoncia
Departamento de Ciencias quirúrgicas, Escuela
de Posgrado en Ortodoncia
Escuela de Odontología, Universidad de Turín
Turín, Italia

Francesco Garino, MD
Especialista en Ortodoncia
Práctica privada
Turín, Italia

Kenji Ojima, DDS, MDSc
Práctica privada
Tokio, Japón



2024


AMOLCA

Contenido

- 1 Diagnóstico y plan de tratamiento en la era tridimensional 1**
TOMMASO CASTROFLORIO, SEAN K. CARLSON
y FRANCESCO GARINO
 - 2 Fundamentos biomecánicos actuales de los
ataches en resina compuesta para los alineadores
ortodónticos 13**
JUAN PABLO GÓMEZ ARANGO
 - 3 Alineadores transparentes: estructuras del
material y sus propiedades 30**
MASOUD AMIRKHANI, FAYEZ ELKHOLY y BERND G. LAPATKI
 - 4 Influencia de los factores intraorales sobre las
propiedades ópticas y mecánicas de los diferentes
materiales 35**
FAYEZ ELKHOLY, SILVA SCHMIDT, MASOUD AMIRKHANI
y BERND G. LAPATKI
 - 5 Consideraciones teóricas y prácticas en la
planificación de un tratamiento ortodóntico
con alineadores transparentes 42**
TOMMASO CASTROFLORIO, GABRIELE ROSSINI
y SIMONE PARRINI
 - 6 Maloclusión de clase I 51**
MARIO GRECO
 - 7 Tratamiento con alineadores en pacientes con
maloclusión de clase II 66**
TOMMASO CASTROFLORIO, WADDAH SABOUNI, SERENA RAVERA
y FRANCESCO GARINO
 - 8 Alineadores en los casos de extracción 83**
KENJI OJIMA, CHISATO DAN y RAVINDRA NANDA
 - 9 Tratamiento de la mordida abierta con
alineadores 95**
ALDO GIANCOTTI y GIANLUCA MAMPIERI
 - 10 Mordida profunda 109**
LUIS HUANCA, SIMONE PARRINI, FRANCESCO GARINO
y TOMMASO CASTROFLORIO
 - 11 Ortodoncia interceptiva con alineadores 121**
TOMMASO CASTROFLORIO, SERENA RAVERA
y FRANCESCO GARINO
 - 12 Abordaje híbrido en el tratamiento de las
maloclusiones de clase II 137**
FRANCESCO GARINO, TOMMASO CASTROFLORIO
y SIMONE PARRINI
 - 13 Alineadores y caninos impactados 149**
EDOARDO MANTOVANI, DAVID COUCHAT
y TOMMASO CASTROFLORIO
 - 14 Alineadores ortodónticos en pacientes con
restauración previa 168**
KENJI OJIMA, CHISATO DAN y TOMMASO CASTROFLORIO
 - 15 Incumplimiento de la distalización del molar
superior y tratamiento con alineadores para la
corrección de las maloclusiones de clase II 190**
BENEDICT WILMES y JÖRG SCHWARZE
 - 16 Tratamiento ortodóntico con alineadores
transparentes en pacientes con periodontitis 202**
TOMMASO CASTROFLORIO, EDOARDO MANTOVANI
y KAMY MALEKIAN
 - 17 Cirugía previa a la terapia con alineadores 235**
FLAVIO URIBE y RAVINDRA NANDA
 - 18 Dolor durante el tratamiento ortodóntico:
mecanismos biológicos y gestión clínica 252**
TIAN TONG LOU, JOHNNY TRAN, ALI TASSI y IACOPO CIOFFI
 - 19 Retención y estabilidad tras la terapia con
alineadores 259**
JOSEF KUČERA e IVO MAREK
 - 20 Superar las limitaciones de la ortodoncia con
alineadores: un abordaje híbrido 275**
LUCA LOMBARDO y GIUSEPPE SICILIANI
- Índice alfabético 290**

5

Consideraciones teóricas y prácticas en la planificación de un tratamiento ortodóntico con alineadores transparentes

TOMMASO CASTROFLORIO, GABRIELE ROSSINI y SIMONE PARRINI

Introducción

Después de la Edad de Piedra, la Edad de Hierro y la Edad de Bronce, ¿nos encontramos en la «Edad del Polímero»? Esta pregunta queda legitimada cuando se observa el incremento en la producción de materiales plásticos durante el último medio siglo.

En las últimas décadas, los plásticos han permeado la tecnología industrial. Los materiales plásticos han reemplazado diversos materiales utilizados en el pasado y han hecho posibles algunas aplicaciones de tipo industrial y médico que eran imposibles con tecnologías más antiguas. La clave de la difusión generalizada de estos materiales está en su increíble versatilidad.¹

Además, estamos viviendo en la era de la medicina personalizada, que representa la evolución natural del cuidado de la salud. Cuando la medicina únicamente se rige por lineamientos de las guías de práctica clínica, no se trata al paciente como un individuo sino como miembro de un grupo. La medicina personalizada y de precisión toma en cuenta las condiciones biológicas únicas del individuo para diagnosticar y tratar a un paciente en particular. La medicina personalizada utiliza información adicional sobre cada individuo derivada del conocimiento del paciente como persona.²

Los ortodoncistas siempre han sido formados para recolectar y analizar las características individuales de cada paciente para realizar un diagnóstico y definir un plan de tratamiento. Bajo esta premisa, los ortodoncistas serían los pioneros de la odontología orientada al proceso médico personalizado. Lo que aún no hacemos es la integración de los marcadores biológicos en el proceso diagnóstico y la planificación del tratamiento, pero los investigadores están tratando de rellenar esa brecha.³⁻⁵

En el último siglo, la ortodoncia ha sido principalmente un asunto de metales y prescripciones predefinidas. En las últimas décadas, la introducción de los alineadores transparentes llamó la atención hacia materiales termoplásticos y sus posibles aplicaciones y prescripciones personalizadas. En la terapia con alineadores transparentes (TAT), cada alineador se construye para una etapa específica del movimiento dentario ortodóntico (MDO) en un paciente específico. Los alineadores son cómodos, menos visibles y estéticamente más agradables en comparación con los dispositivos bucales fijos y pueden ser retirados para comer y para la higiene oral, lo que reduce la incidencia de emergencias. A pesar de esas ventajas, que han hecho que la demanda de alineadores transparentes se incremente en una sociedad tan consciente de la belleza, siempre existe un gran debate sobre la eficacia y la eficiencia de este dispositivo para el control

del MDO. Por ejemplo, ha habido dudas sobre el alcance de los alineadores en el control de la extrusión, la rotación, el movimiento corporal y el torque.

Tal como lo expresó Proffit en el año 2013, la efectividad, la eficiencia y la predictibilidad son las tres cosas que el ortodoncista debe saber sobre el tratamiento que está aplicando.⁶ Una revisión reciente⁷ sostiene que la TAT puede controlar los movimientos complejos ya que la distalización corporal y el cierre de los espacios extractivos de los molares maxilares y la inclinación bucolingual de los incisivos se controlan bien en maloclusiones de incipientes a moderadas. Además, en un documento de investigación reciente, Grünheid et al.⁸ analizaron las diferencias entre las posiciones dentarias predichas y logradas, y descubrieron diferencias estadísticamente significativas para todos los dientes, a excepción de los incisivos laterales, los caninos y los primeros premolares superiores. En general, los dientes anteriores estaban posicionados más oclusalmente que lo predicho, la rotación de los dientes redondeados estaba incompleta y el movimiento de los dientes posteriores en todas las dimensiones no se logró totalmente. Sin embargo, exceptuando el postratamiento excesivo del torque de las coronas bucales de los segundos molares superiores, estas diferencias no fueron lo suficientemente importantes como para resultar relevantes desde el punto de vista clínico.

Por lo tanto, con respecto a lo que era posible hace unos años, cuando se recomendaba tratar solamente las maloclusiones simples con alineadores, la creciente base del conocimiento común con respecto al control del MDO ha hecho posible utilizar esta técnica con buenos resultados incluso en casos muy complejos, en comparación con la ortodoncia fija convencional. Estos resultados fueron posibles gracias a los ortodoncistas, que iniciaron el ajuste virtual, no solo para observar el movimiento dentario sino como instrumento para diseñar la biomecánica apropiada, y empezaron a transferir conceptos bien conocidos en este campo.

Tal como lo manifestó Burstone⁹ en una entrevista en el *Journal of Clinic Orthodontics (JCO)*:

Lo mejor de la biomecánica científica es que no depende de ningún dispositivo o técnica. No importa el dispositivo que se utilice, este le permitirá utilizarlo de la mejor forma con los resultados más predecibles. Actualmente hay mucho comercialismo en la ortodoncia, de manera que una buena dosis de ciencia en la comprensión de los dispositivos y de la forma como estos trabajan son un buen antídoto. Resulta interesante notar que muchos de los nuevos dispositivos que se sugieren no son más que reinventaciones de dispositivos viejos.

Consideraciones teóricas y prácticas en la TAT

Basándonos en estas presunciones y en investigaciones clínicas y de laboratorio,¹⁰⁻¹³ la biomecánica de los alineadores transparentes puede describirse como una secuencia de inclinaciones coronarias y enderezamiento radicular. La primera parte del movimiento se produce en la parte oclusal del diente debido a que el alineador envuelve toda la corona dentaria, mientras que las interacciones entre el alineador y los ataches determinan el movimiento radicular. Por lo tanto, cuando se diseña un plan de tratamiento virtual, debemos siempre recordar cuál es la interacción superficial entre el alineador y el diente, cuál es el efecto de la aplicación de fuerza en la corona y cuál es el unidad de anclaje requerida para evitar los movimientos no deseados.

El análisis del plan de tratamiento virtual utilizando un programa especial debe seguir los siguientes pasos:

1. análisis de la posición final,
2. análisis de los movimientos que se producen en cada etapa y para cada diente.

ANÁLISIS DE LA POSICIÓN FINAL

De acuerdo con Sarver et al.,^{14,15} puede ser inapropiado colocar todo en el mismo marco estético y aún más problemático intentarlo con base únicamente en la relación de los tejidos duros, ya que a menudo los tejidos blandos no producen una respuesta predecible a los cambios del tejido duro. No obstante, se acepta que las consideraciones estéticas son el punto más alto en la planificación de un tratamiento apropiado, pero estas rígidas reglas no pueden aplicarse a este proceso. En vista de nuestra incapacidad para aplicar reglas que definen una estética óptima, el uso de los métodos científicos para planificar la mayoría de los tratamientos estéticos puede, por lo tanto, resultar complicado. Sin embargo, está más que claro que la gente puede identificar diversos factores que afectan la estética de la sonrisa y, por lo tanto, los clínicos pueden esperar que sus pacientes estén más atentos a ciertos factores dentales estéticos antes que a otros factores.¹⁶

Recientemente se realizó una revisión con el fin de definir el nivel mínimo de armonía estética que obtendría la aprobación y resultaría agradable para un observador externo.¹⁷ Las indicaciones que se recogen en la Figura 5.1 representan el umbral de aceptación de la estética de la sonrisa según lo expresado

por personas comunes que deberían ser tomadas en cuenta cuando se analiza la posición final de los dientes anteriores.

Con respecto a la posición final de los molares superiores, es recomendable referirse a la posición indicada por Ricketts en 1974, en la cual la línea que conecta las cúspides disto-bucal y mesiolingual del primer molar superior pasa a través de la cúspide del canino opuesto al final del tratamiento.¹⁸ Esta posición final se basa en reparos anatómicos precisos y puede prevenir malentendidos entre los clínicos que realizan la prescripción y los técnicos que transfieren la información en el plan de tratamiento virtual.

Además, cuando se define la posición final, el clínico debe siempre considerar los límites bucal y frontal de las arcadas, tomando en cuenta el hueso y el ligamento periodontal de soporte, así como la información cefalométrica. Estas indicaciones son muy importantes para evitar una expansión excesiva y/o los movimientos de proclinación que pueden resultar en efectos periodontales iatrogénicos graves.^{19,20}

ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS QUE SE PRODUCEN EN CADA ETAPA PARA CADA DIENTE

El análisis de los movimientos que se produzcan en cualquier etapa debe tomar en cuenta tres aspectos diferentes:

1. los auxiliares del alineador,
2. la gestión del anclaje y la secuencialización del movimiento, y
3. la etapa del MDO.

Auxiliares del alineador

Desde la introducción de los alineadores ortodónticos en los primeros años del siglo, las compañías fabricantes y los clínicos han adoptado varios auxiliares para prevenir la pérdida del anclaje y maximizar la eficiencia del tratamiento:

- ataches y áreas de presión,
- elásticos intraorales,
- reducción interproximal del esmalte, y
- dispositivos de anclaje temporal (DAT).

Ataches y áreas de presión

Utilizar alineadores sin ataches es algo así como una ortodoncia que no es ortodoncia. Los ataches son útiles para guiar los dientes en una dirección determinada pero también para suministrar el control del anclaje dependiendo del tipo

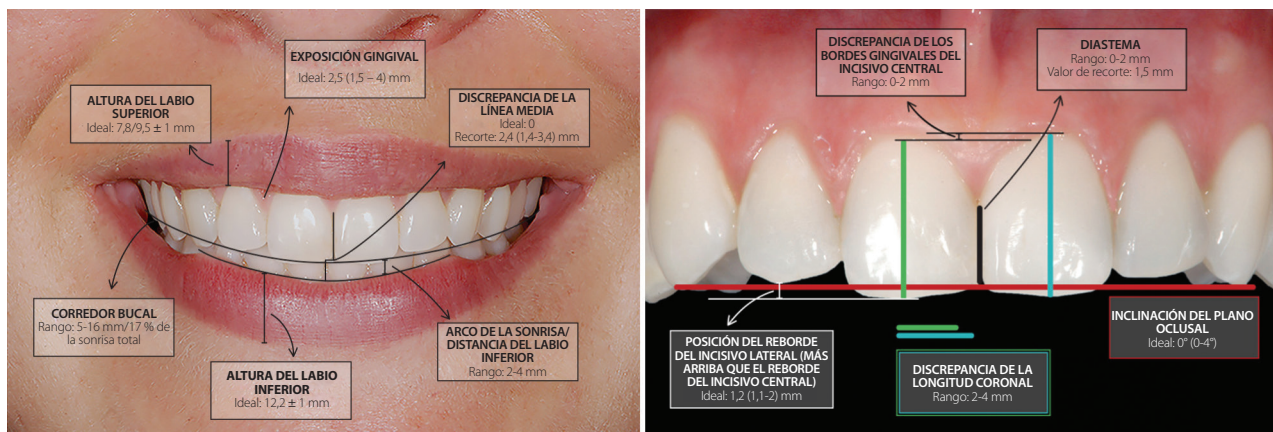


Figura 5.1. Umbral de aceptación de la estética de la sonrisa desde el punto de vista no especializado.

de movimiento ortodóntico planificado. El uso de ataches es crucial para lograr tratamientos efectivos. Ravera et al.²¹ y Garino et al.²² demostraron la importancia de utilizar ataches para mejorar el control radicular al distalizar los molares en tratamientos de clase II. En un estudio *in vitro*, Simon et al.¹¹ demostraron que la transferencia de la carga de los alineadores a los dientes sin el uso de ataches es posible pero solo hasta un cierto punto.

Los ataches se dividen en dos categorías:

1. ataches convencionales (rectangular, biselado o elipsoide), y
2. ataches optimizados.

El profesional puede posicionar los ataches convencionales en cada diente (Figuras 5.2-5.4) (de acuerdo con la dimensión dentaria) y estos pueden orientarse en cualquier dirección. Los ataches rectangulares usualmente se colocan para incrementar el anclaje en los dientes posteriores o para reforzar la retención del alineador.

Los ataches optimizados (Figura 5.5) son posicionados por los técnicos, y el ortodoncista no puede modificar su posición, dimensión u orientación. Este tipo de atache fue introducido para generar un acoplamiento especial de las fuerzas durante las rotaciones, especialmente en caninos y premolares.

El «juego» de estos alineadores sobre los dientes y los ataches es otro factor clave para la producción de los resultados deseados, los cuales están estrictamente relacionados con la aplicación de los ataches. Un estudio *in vitro* realizado por Dasy et al.²³ demostró que la forma del atache afecta la retención: los ataches rectangulares son más retentivos que

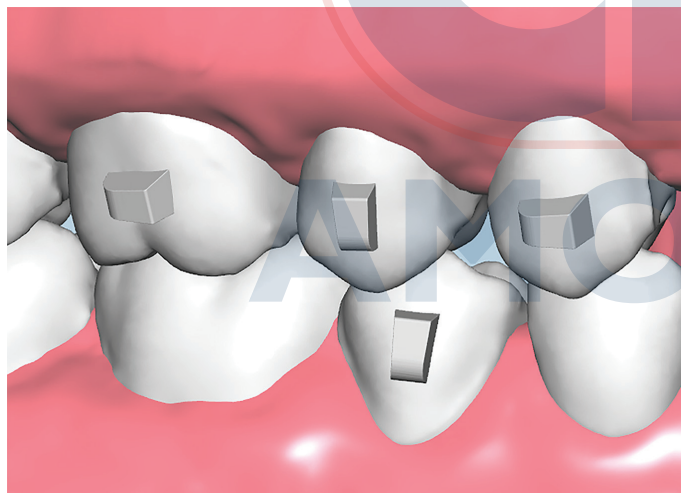


Figura 5.2. Ataches rectangulares sobre los dientes posteriores en el programa CA Digital.

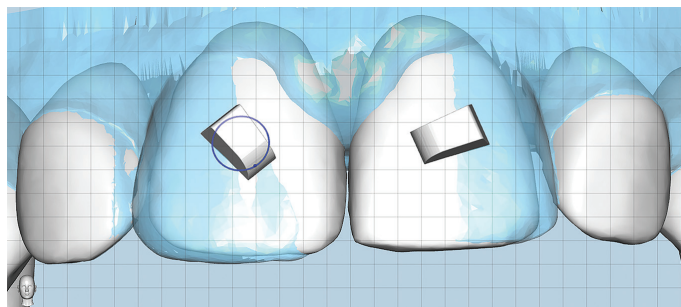


Figura 5.3. Ataches rectangulares sobre los dientes anteriores en el programa CA Digital.

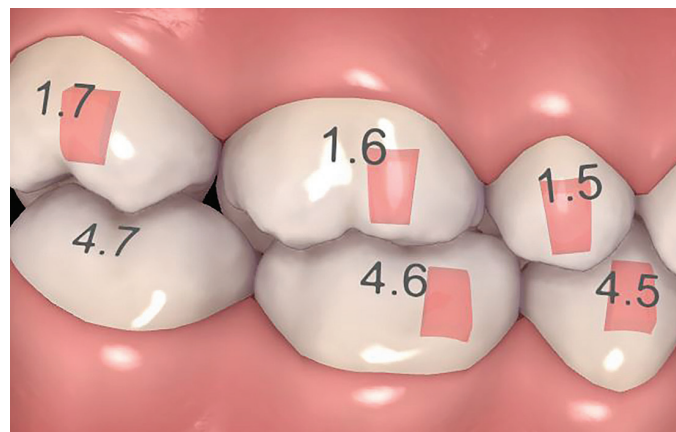


Figura 5.4. Ataches rectangulares en los dientes posteriores en el programa ClinCheck de Align Technology.

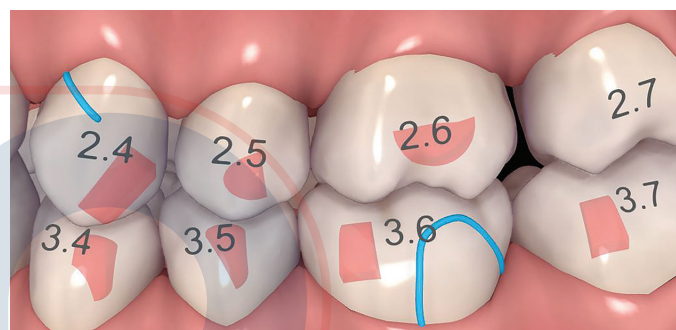


Figura 5.5. Ataches optimizados y convencionales en el programa ClinCheck de Align Technology.

los elipsoidales. Dos estudios *in vitro* demostraron que los alineadores producidos por diferentes compañías (*Invisalign*, Align Technology, San José, CA, EE. UU.; *CA Clear Aligner*, Scheu Dental, Iserlohn, Alemania; *F22 Aligner*, Sweden & Martina, Due Carrare, Italia) tienen un excelente ajuste sobre los dientes y los ataches.^{24,25} Los alineadores *F22* parecen tener los mejores valores en cuanto a ajuste sobre los ataches: los rangos de valor van de 1 a 178 μm . Los rangos de ajuste de *Invisalign* van de 5 a 212 μm . Los valores medidos para el análisis de los rangos de *CA Clear Aligner* van de 7 a 298 μm . Dasy et al. demostraron que los alineadores sin bordes generaban fuerzas significativamente inferiores a los de borde amplio. El incremento de la fuerza puede deberse a la mejorada rigidez causada por la forma del material. En consecuencia, la rigidez mejorada puede reducir el ajuste del alineador sobre los ataches. Esta podría ser la razón por la que los alineadores *CA* mostraron los peores resultados en cuanto al ajuste. Sin embargo, a pesar de la significación estadística, las diferencias obtenidas pueden no resultar clínicamente relevantes. Por lo tanto, el juego de los alineadores sobre los dientes y los ataches es mínimo, lo que da como resultado una transferencia precisa de las propiedades mecánicas del material termoplástico a los dientes.

Desde un punto de vista biomecánico, solo unos pocos estudios han analizado la interacción entre los alineadores y los ataches. Un método eficiente para el estudio de la mecánica de los alineadores es el método del elemento finito (cuyas aplicaciones sobre el estudio de los alineadores se presentarán en la siguiente sección de este capítulo). Con excepción del estudio de Yokoi et al.,²⁶ los resultados reportados por el método del elemento finito se refieren a la instancia inicial

del desgaste del alineador, de manera que estos resultados deberían ser considerados en términos de sistemas de fuerza y desplazamiento iniciales, sin tomar en cuenta la medición precisa de la cantidad de movimiento expresado por los alineadores sobre los dientes.

Utilizando el método del elemento finito, Gómez et al. investigaron un desplazamiento teórico de 0,15 mm en un canino superior aislado con un atache fabricado en resina acrílica y sin este.²⁷ El atache que se usó para este análisis fue inspirado por los «ataches optimizados» adoptados por Align Technology para incrementar el control radicular durante la distalización. Los autores observaron una inclinación coronaria distal no controlada sin el atache y un desplazamiento similar a un movimiento corporal con el atache. Por lo tanto, los autores destacaron la dificultad para obtener un movimiento controlado en la TAT utilizando solo alineadores y sugirieron el uso de ataches en resina compuesta para incrementar el control radicular.

La explicación biomecánica de la utilidad de los ataches para el control de los movimientos dentarios podría estar relacionada con el rol de los brackets en la ortodoncia fija. Mientras que, en una ortodoncia con aparatos fijos, el momento se desarrolla en el bracket mismo al insertar el alambre, en la TAT este se desarrolla por la interacción de los alineadores y los auxiliares.²⁸ El alineador sin ataches tiende a alejarse de los dientes en su borde gingival. Ante tal eventualidad, toda la fuerza se concentra solo en la parte oclusal y podría generarse un acoplamiento de fuerzas. Cuando se recurre a los ataches, la interacción entre el desplazamiento aplicado al alineador y el atache genera las fuerzas y los momentos adecuados para obtener un movimiento más controlado.

Yokoi et al. publicaron en 2019 un artículo que demostraba estos conceptos utilizando el método del elemento finito para comparar el cierre de un diastema en el incisivo superior sin ataches y con unos ataches optimizados. Tal como lo reportan los autores, en ambas simulaciones hubo un desplazamiento inicial que se corresponde con una inclinación incontrolada de las coronas; sin embargo, después de cientos de iteraciones que simularon el proceso de remodelado óseo, la simulación sin ataches dio como resultado una inclinación incontrolada, mientras que en la simulación con ataches optimizados se observó movimiento corporal.²⁶

Con respecto a las áreas de presión, el tipo de movimiento para el cual estos se usan depende del fabricante del alineador. Por lo general, las áreas de presión se adoptan para mejorar la eficiencia en la inclinación coronaria, en las rotaciones y en el torque radicular. Barone et al., en su estudio del método del elemento finito de 2016, reportaron que las áreas de presión

son los auxiliares más efectivos en la inclinación de los incisivos inferiores, mucho más que los ataches rectangulares.¹²

Un estudio de Castroflorio et al. sobre el control del movimiento radicular demostró la eficacia de las áreas de presión para mejorar este tipo de movimiento.²⁹ El acoplamiento de fuerzas generado por un alineador para el torque de un diente está conformado por una fuerza cercana al margen gingival y una fuerza resultante producida por el movimiento dentario contra la superficie interna opuesta del aparato, cerca el borde incisal.³⁰ Como el borde gingival del alineador es elástico, resulta difícil controlar las fuerzas aplicadas en esta región sin que haya una geometría alterada.²⁷

Elásticos intraorales

En relación con los elásticos intraorales, las variables principales que pueden influenciar la elección adecuada para el tratamiento planificado son tres:

1. fuerza/longitud,
2. punto de aplicación, y
3. superficie de aplicación.

Las Figuras 5.6 a 5.11 ilustran la distalización de un molar superior (un tema que será tratado exhaustivamente en los capítulos siguientes) y presenta los efectos de los elásticos sobre los dientes y los alineadores cuando se cambia el punto de aplicación. El mismo elástico (0,25 pulgadas, 8 onzas) fue aplicado para que la variable fuerza/longitud no llegara a afectar los que son analizados. Es posible observar la diferencia en la deformación de los alineadores y el desplazamiento inicial de los dientes durante la distalización del segundo molar.

En el estudio citado previamente, Gómez et al. observaron un efecto intrusivo sobre el canino debido a una deformación inesperada del alineador durante la distalización.²⁶ Un ajuste holgado entre el alineador y el diente lograría un contacto inadecuado con el atache gingival optimizado y, por lo tanto, no lograría un acoplamiento adecuado de las fuerzas. Esta eventualidad podría evitarse con un elástico de clase II, el cual asistiría durante el movimiento de distalización suministrando anclaje con el componente sagital de la fuerza elástica y previniendo la intrusión gracias a su componente vertical.

Reducción interproximal

Desde que fue descrita por primera vez por Ballard en 1944, la reducción interproximal es un procedimiento utilizado en los casos coronarios de incipientes a moderados.³¹ Sin embargo, en los últimos años la digitalización de la planificación del tratamiento incrementó la adopción de esta técnica

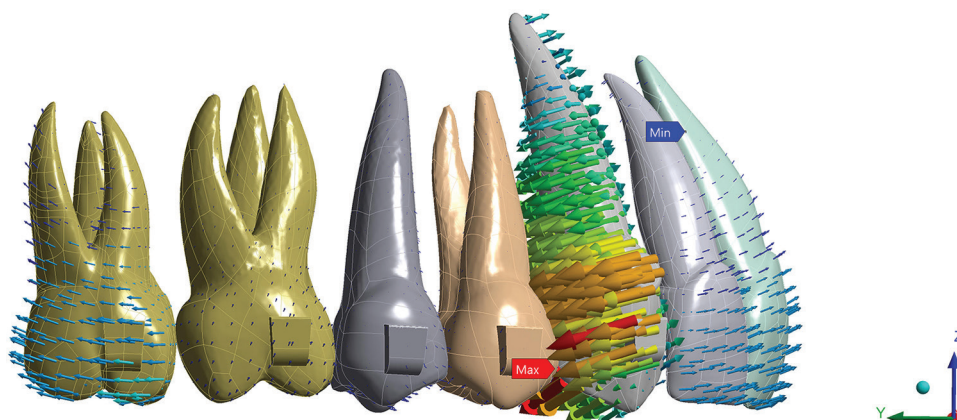


Figura 5.6. Desplazamiento dentario inicial en la distalización del segundo molar con elásticos de clase II aplicados directamente sobre el canino superior (vista sagital).

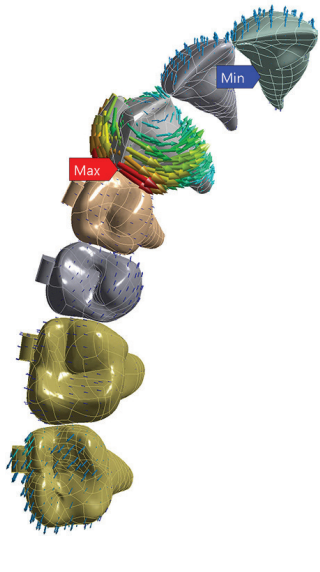


Figura 5.7. Desplazamiento dentario inicial en la distalización del segundo molar con elásticos de clase II aplicados directamente sobre el canino superior (*vista oclusal*).

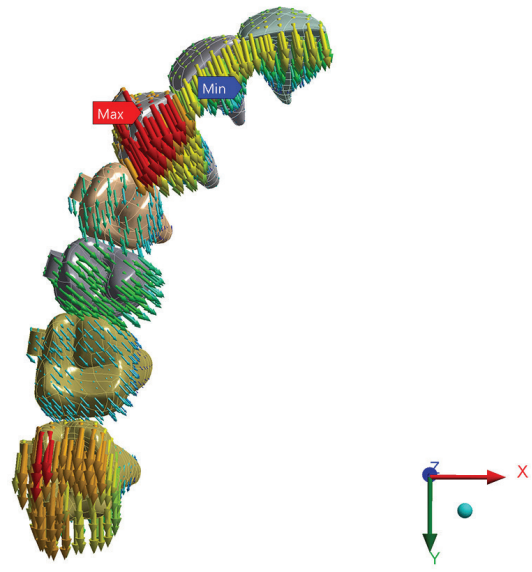


Figura 5.9. Desplazamiento dentario inicial en la distalización del segundo molar con elásticos de clase II aplicados sobre el alineador a nivel del canino superior (*vista oclusal*).

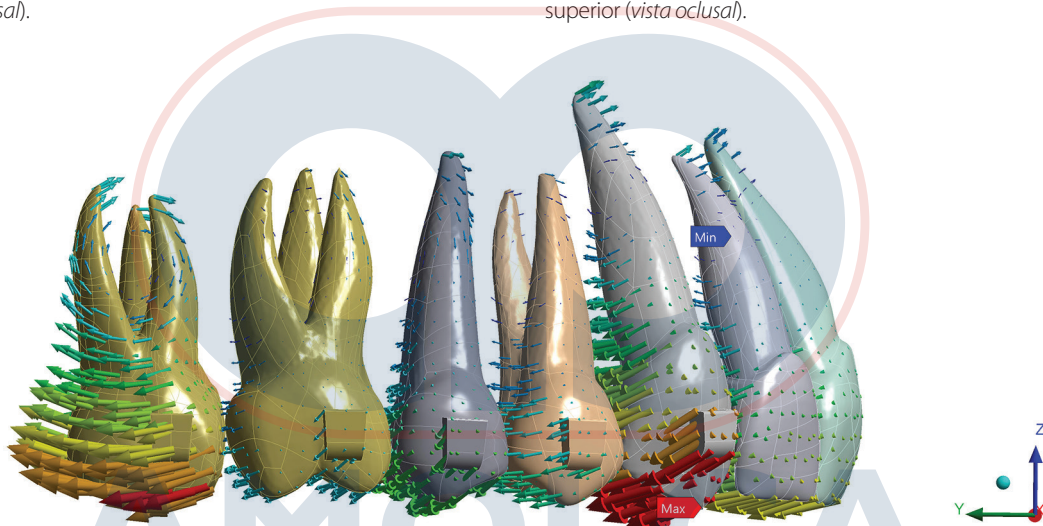


Figura 5.8. Desplazamiento dentario inicial en la distalización del segundo molar con elásticos de clase II aplicados sobre el alineador a nivel del canino superior (*vista sagital*).

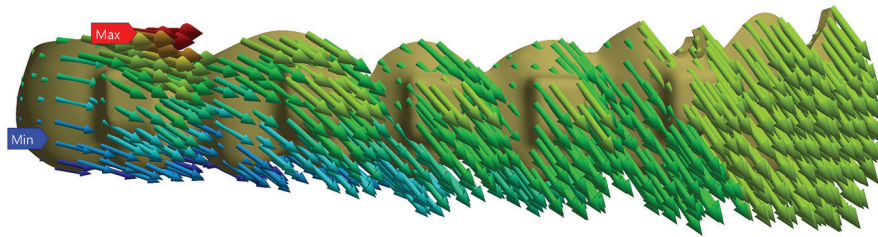


Figura 5.10. Desplazamiento inicial del alineador en la distalización del segundo molar con elásticos de clase II aplicados directamente sobre el canino superior.

para obtener espacio durante el tratamiento ortodóntico, lo que también mejora su meticulosidad y precisión. En la planificación digital de la TAT, la cantidad de la reducción interproximal se calcula con base en las puntuaciones digitales del índice dental (índice de Bolton, índice de Little, análisis del espacio, etc.) y la temporización de la reducción interproximal se programa para obtener el mejor acceso a la superficie interproximal y evitar colisiones de la superficie dentaria. Tal como lo demuestran varios autores, la reducción interproximal es un procedimiento seguro para

la salud dental que no incrementa los riesgos de cavidades interproximales o desmineralización dentaria.^{32,33} Con respecto a la cantidad máxima de reducción interproximal, en el año 2015, Sarig et al. analizaron 109 dientes anteriores y posteriores intactos, tanto del maxilar superior como del inferior.³⁴ Los autores reportaron que los lineamientos guía existentes, de un máximo de reducción interproximal de 0,5 mm para cada espacio interproximal, podían confirmarse para la región anterior, mientras que en la región posterior se incrementaría en 1 mm.

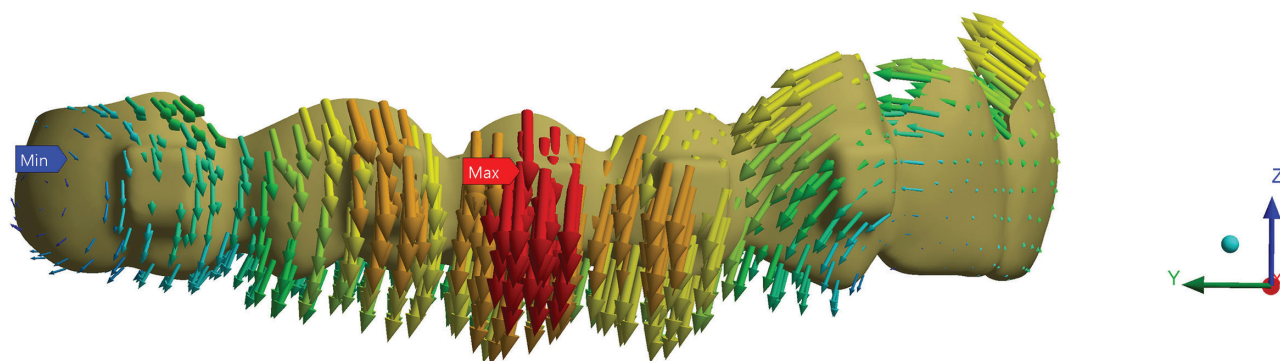


Figura 5.11. Desplazamiento inicial del alineador en la distalización del segundo molar con elásticos de clase II aplicados sobre el alineador a nivel del canino superior.

Dispositivos de anclaje temporal (DAT)

El tratamiento con alineadores a través de los DAT se revisará en profundidad en el Capítulo 15.

Gestión del anclaje y secuencialización de los movimientos

La gestión del anclaje representa la clave para un tratamiento ortodóntico exitoso. En el tratamiento ortodóntico fijo, los auxiliares como las ligaduras metálicas, los dobleces de desplazamiento posterior y los elásticos se usan para reforzar el anclaje cuando se considera necesario, principalmente durante la fase de trabajo del tratamiento. A pesar del uso extenso de los alineadores ortodónticos, no hay estudios biomecánicos para verificar la eficiencia de los alineadores para mantener el anclaje por sí mismos.

En la ortodoncia con alineadores, así como en la ortodoncia convencional, la pérdida del anclaje podría conllevar a la ineficacia de los movimientos programados o a movimientos no deseados de la unidad de anclaje. Un artículo de Cortona et al., reportó los efectos de la pérdida de anclaje de un premolar contralateral durante la rotación de un premolar inferior sin ataches.³⁵

El anclaje en la ortodoncia con alineadores depende de dos factores clave: la secuencialización de los movimientos y la deformación del alineador.

En la ortodoncia con alineadores, la secuencialización se entiende como el orden en el que los dientes son movidos durante el tratamiento. La secuencialización de movimientos permite un control apropiado del anclaje, con lo cual se reduce el riesgo de desplazamientos no deseados. Al mismo tiempo, los múltiples movimientos deben evitarse, a menos que nos estemos refiriendo a pequeñas cantidades de movimiento sobre varios dientes, como sucede, por ejemplo, en los casos en los que se están alineando y nivelando las arcadas por maloclusión de clase I incipiente. Los movimientos complejos múltiples, así como el movimiento de torque radicular lingual, asociados con la rotación de un incisivo superior, por ejemplo, deben ser evitados completamente. En aquellos casos en los cuales los movimientos múltiples han sido planificados sobre un diente específico, la mejor opción es separar los movimientos tomando como base su complejidad. De manera que el movimiento de torque debe hacerse en una segunda oportunidad, por lo menos una vez que hayan sido realizados los movimientos rotacionales y de inclinación. (Los protocolos de secuencialización más detallados se desarrollarán en los capítulos específicos a continuación). Junto con la secuencialización, tenemos también el concepto de «fuerzas y momentos diferenciales». Este concepto es el resultado del diseño biomecánico de un sistema de fuerza que, por la forma de aplicación, puede distribuir las fuerzas y momentos recíprocos de forma significativa sobre áreas radiculares diferentes con el objetivo de lograr una respuesta diferencial.³⁶ Diversos estudios han demostrado

la eficiencia de este método para preservar el anclaje y el torque anterior durante el cierre del espacio después de la extracción de un premolar.^{37,38} En la ortodoncia con alineadores, estos conceptos han sido introducidos por Align Technology con el denominado *protocolo G6* para la extracción del primer premolar.³⁹ Los momentos diferenciales se producen por una combinación de ataches optimizados y activación de los alineadores; sin embargo, no hay detalles sobre ningún sistema de fuerzas y hasta la fecha no se han realizado pruebas para medir los resultados de este protocolo clínico.

La deformación de los alineadores es la respuesta de todo el alineador a la fuerza causada por el ajuste sobre el diente. En el uso de los alineadores, un sistema de fuerza de empuje y tracción afecta no solo al diente para el que se planificaron los movimientos, sino también al diente adyacente y al alineador mismo. La Figura 5.12 muestra el desplazamiento dentario durante la distalización del segundo molar superior en una configuración de fuerza eficiente; nótese que se planificó un movimiento de 0,2 mm para el diente 1.7 y solo 0,1 mm se aplica eficientemente sobre el diente, mientras que el resto de la fuerza causa el desplazamiento mesial del alineador. Otro ejemplo de pérdida del anclaje causado por la deformación del alineador es el que se reporta en la Figura 5.13, donde se destaca el desplazamiento mesial de los molares durante la secuencialización de la distalización de los premolares. En esta simulación, los primeros y segundos molares se ajustaron como una unidad de anclaje. Sin embargo, sin los auxiliares apropiados para incrementar el anclaje y gestionar la deformación del alineador, incluso una buena secuencialización del movimiento podría no resultar adecuada.

Etapa MDO

En la ortodoncia por alineadores, una etapa es la cantidad de movimiento programado para cada diente en cada uno de los alineadores. La cantidad de etapas está determinada por los dictámenes de las compañías fabricantes del alineador con base en sus propias investigaciones internas, por lo que los ajustes pueden diferir uno de otro. Con respecto a la literatura científica, los datos sobre la conformación de etapas son insuficientes. Simon et al., en su estudio *in vitro* del año 2014, probaron diferentes configuraciones de etapas para la rotación del premolar.¹⁰ La precisión de este movimiento se redujo a la mitad cuando se planificó una rotación mayor de 1,5 grados por alineador (< 1,5 grados: $41,8 \pm 0,3$ %; > 1,5 grados: $23,2 \pm 0,2$ %). La importancia de la configuración de las etapas para la rotación dentaria se destaca en la investigación reportada por Cortona et al.,³⁶ en la cual se probó una simulación que incluye una arcada dental ideal con piezas dentarias 4.5 rotadas 30 grados mesialmente, con diferentes configuraciones de etapa y de ataches para la rotación distal del premolar. Se compararon las etapas de 1,2 y 3 grados por alineador y se reportó

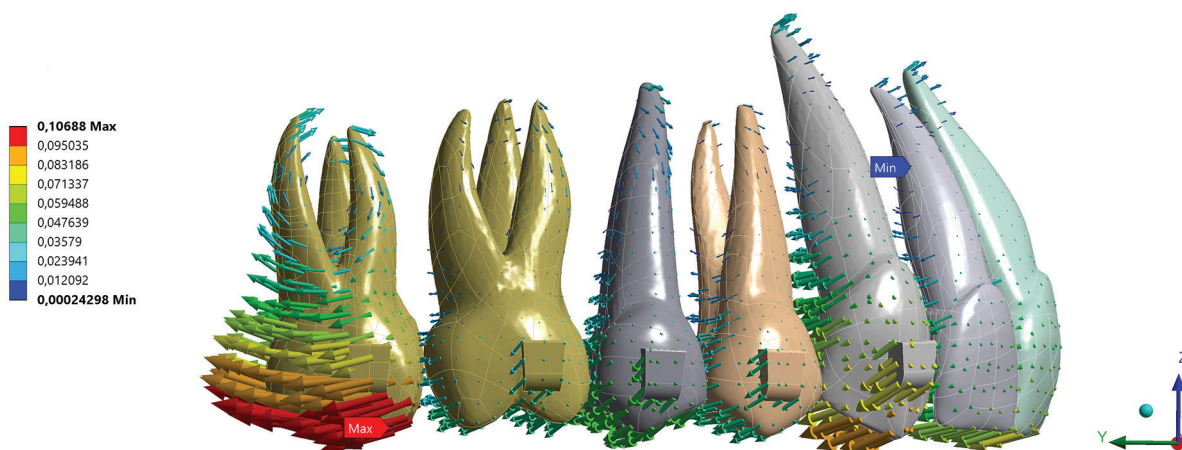


Figura 5.12. Desplazamiento inicial en la distalización del segundo molar con elásticos de clase II aplicados sobre el alineador del primer premolar (la cantidad de desplazamiento inicial se muestra en la leyenda a la izquierda).

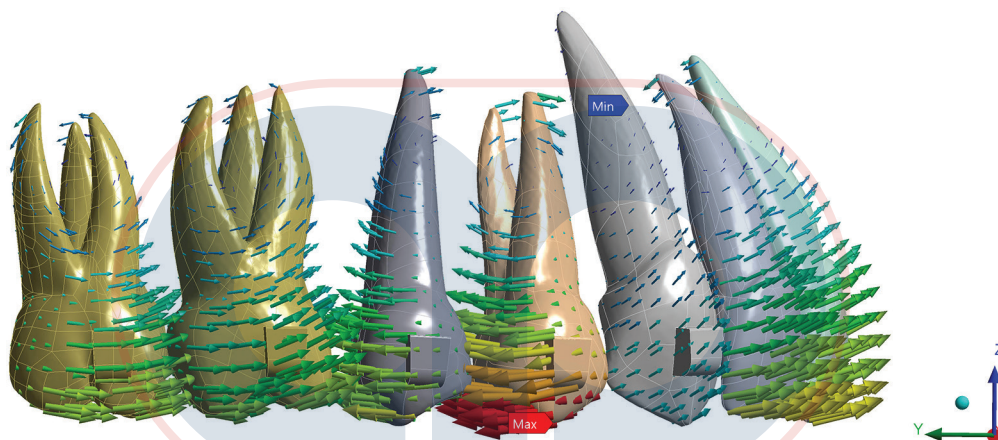


Figura 5.13. Desplazamiento dentario inicial del primer molar y distalización del segundo premolar sin elásticos de clase II. La elevación mesial del diente posterior es clínicamente pertinente.

la diferencia en la presión del ligamento periodontal sobre el diente 4.5 entre las diferentes cantidades de configuración de etapas con ataches rectangulares desde el 4.4 al 4.6. La rotación planificada de 1,2 gados produjo 22,5 mmHg de presión sobre el ligamento periodontal, mientras que una rotación planificada de 3 grados logró una presión de 412,53 mmHg. Por lo tanto, el modelo con ataches desde el 4.4 al 4.6 con 1,2 grados de activación fue la configuración más confiable y eficiente para la rotación del premolar inferior.

Los datos basados en la investigación sobre la configuración de etapas para otros movimientos pueden derivarse de los estudios *in vitro* y clínicos, pero carecemos de pruebas especializadas. La Tabla 5.1 reporta la cantidad sugerida de movimiento por alineador con base en la literatura científica y en la experiencia clínica de los autores.

Rotación ^{10,11,36}	< 1,5°
Intrusión/extrusión ⁴⁰	0,2 mm
Movimiento lineal ^{10,11,21,22}	0,2 mm
Torque radicular ^{10,11,30}	1°

Consideraciones biológicas en la ortodoncia con alineadores

Tal como se dijo al principio de este capítulo, la medicina personalizada aplicada a la ortodoncia se basa no solo en mecanismos especiales sino también en el conocimiento de la biología de cada paciente.

La aplicación de una fuerza ortodóntica produce una reacción tisular que es el resultado de la perturbación generada por el dispositivo ortodóntico y el modelado y remodelado del hueso alveolar.⁴¹ Kuncio et al. sugirieron que los dientes movidos con alineadores no siguen las etapas típicas del movimiento, tal como lo describen Krishnan y Davidovitch, debido a las fuerzas intermitentes aplicadas por los alineadores.⁴² Sin embargo, las fuerzas ligeras y continuas parecen ser percibidas como fuerzas intermitentes por el periodonto, dada su naturaleza viscoelástica, y estas fuerzas ortodónticas intermitentes pueden producir MDO con menos daño celular en el periodonto.⁴³ Castroflorio et al., al analizar la respuesta biológica a la aplicación de alineadores en la distalización de un molar superior en un diseño de movimiento dentario simple, mostraron que la fuerza que este administra produce un incremento en la concentración de los mediadores del modelado y remodelado óseo en ambas áreas de presión

(Interleuquina 1 beta [IL-1 β], ligando del receptor activador para el factor nuclear kappa-B [RANKL]) y áreas de tensión (factor de crecimiento transformante beta [TGF β], osteopontina [OPN]). En otras palabras, parece que los alineadores están en capacidad de inducir la misma respuesta biológica descrita para otros dispositivos, al menos en las etapas muy tempranas del tratamiento ortodóntico.⁴⁴

Colaboración del paciente

A pesar de todos los aspectos biológicos y biomecánicos, el éxito de un tratamiento ortodóntico depende estrictamente de la colaboración de paciente. La colaboración con los alineadores ortodónticos removibles es fundamental para la eficiencia y éxito de la TAT a corto y a largo plazo.

Una revisión sistemática de 2017, realizada a partir de investigaciones primarias previas, confirmó los niveles deficientes de colaboración con una variedad de adjuntos ortodónticos removibles, aludiendo un uso diario real de 5,7 horas menos que lo recomendado.⁴⁵

La influencia del progreso del tratamiento luce significativa para motivar la colaboración, aunque podría argumentarse que las mejoras facial y oclusal son, de todos modos, más probables con una mayor colaboración por parte del paciente. A pesar de ello, se ha mencionado con frecuencia que los cambios demostrados son un factor que facilita el uso de los aparatos. De tal manera que la importancia del estímulo y el refuerzo positivo por parte de los médicos y los familiares para fomentar el uso de los aparatos es evidente.⁴⁶

Los estudios piloto en el campo han demostrado que el seguimiento conocido incrementa la colaboración del paciente.^{47,48} El uso de una aplicación (*app*) ha resultado efectiva para el incremento de la colaboración por parte del paciente en una población con aparatos fijos.⁴⁹ Los recordatorios personalizados pueden ayudar a promover una mejoría en los niveles de colaboración con los alineadores gracias a la teleortodoncia. *Teleortodoncia* es un término abierto que abarca la atención remota, el asesoramiento o el tratamiento a través de la tecnología de la información. Existen plataformas de teleortodoncia que utilizan la inteligencia artificial para monitorizar en forma remota la adhesión del paciente al tiempo de uso prescrito (p. ej., Dental Monitoring, París, Francia) y que han demostrado ser efectivas para mejorar la colaboración del paciente.⁵⁰

Resumen de los fundamentos de la TAT

Al considerar todas las premisas, los alineadores ortodónticos son una técnica ortodóntica madura que requiere que los ortodontistas las manejen adecuadamente. Aunque todavía existen algunas limitaciones en el sistema de los dispositivos, estas limitaciones no sugieren de ninguna manera los resultados poco satisfactorios del tratamiento. El diagnóstico y la planificación del tratamiento aún es responsabilidad de los clínicos y esta no puede ser superada todavía por la inteligencia artificial.

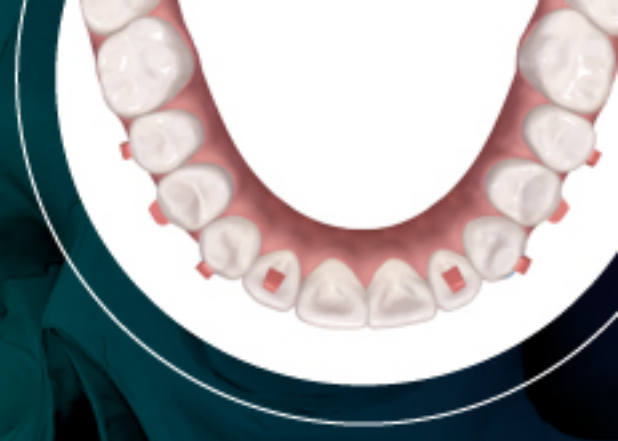
Queda claro que el progreso del tratamiento no es tan sencillo ni predecible como aparece en la animación computarizada. Por lo tanto, dar prioridad a la tecnología en lugar de la ortodoncia es un asunto peligroso. El conocimiento de la biomecánica es crucial para gestionar apropiadamente la terapia con alineadores transparentes y, como con cualquier otra técnica ortodóntica, los auxiliares son obligatorios para lograr un tratamiento ortodóntico eficiente y predecible.

Referencias bibliográficas

1. Seymour RB. Polymers are everywhere. *J Chem Educ.* 1988;65(4):327.
2. Ziegelstein RC. Personomics: the missing link in the evolution from precision medicine to personalized medicine. *J Pers Med.* 2017;7(4):11. doi:10.3390/jpm7040011.
3. Han Y, Jia L, Zheng Y, et al. Salivary exosomes: emerging roles in systemic disease. *Int J Biol Sci.* 2018;14(6): 633-643. doi:10.7150/ijbs.25018.
4. de Aguiar MC, Perinetti G, Capelli Jr J. The gingival crevicular fluid as a source of biomarkers to enhance efficiency of orthodontic and functional treatment of growing patients. *Biomed Res Int.* 2017;2017:3257235.
5. Yashin D, Dalci O, Almuzian M, et al. Markers in blood and saliva for prediction of orthodontically induced inflammatory root resorption: a retrospective case controlled-study. *Prog Orthod.* 2017;18(1):27.
6. Proffit W, Fields H. *Contemporary Orthodontics.* 5th ed. St. Louis: Mosby; 2013.
7. Rossini G, Parrini S, Deregibus A, et al. Controlling orthodontic tooth movement with clear aligners: an updated systematic review regarding efficacy and efficiency. *J Aligner Orthod.* 2017;1(1):7-20.
8. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *Angle Orthod.* 2017;87(6): 809- 815.
9. Burstone CJ, Charles J, Burstone, MS. Part 2: biomechanics. Interview by Dr. Nanda. *J Clin Orthod.* 2007;41(3):139-147.
10. Simon M, Keilig L, Schwarze J, et al. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique—regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health.* 2014;14:68. doi:10.1186/1472-6831-14-68.
11. Simon M, Keilig L, Schwarze J, et al. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(6):728-736.
12. Barone S, Paoli A, Rationale AV, et al. Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners. *Int J Numer Method Biomed Eng.* 2017;33(8):e2839.
13. Hennessy J, Garvey T, Al-Awadhi EA. A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners. *Angle Orthod.* 2016;86(5):706-712.
14. Hayes RJ, Sarver DM, Jacobson A. The quantification of soft tissue cervicofacial changes after mandibular advancement surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(4):383-391.
15. Sarver DM, Ackerman JL. Orthodontics about face: the re-emergence of the esthetic paradigm. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(5):575-576.
16. Flores-Mir C, Silva E, Barriga MI, et al. Lay person's perception of smile aesthetics in dental and facial views. *J Orthod.* 2004;31(3):204-209.
17. Parrini S, Rossini G, Castroflorio T, et al. Laypeople's perceptions of frontal smile esthetics: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;150(5):740-750.
18. McNamara Jr JA, Brudon WL. *Orthodontic and Orthopedic Treatment in the Mixed Dentition.* Ann Arbor: Needham Press; 1993.
19. Rafiuddin S, Yg PK, Biswas S, et al. Iatrogenic damage to the periodontium caused by orthodontic treatment procedures: an overview. *Open Dent J.* 2015;9:228-234.
20. Jati AS, Furquim LZ, Consolaro A. Gingival recession: its causes and types, and the importance of orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod.* 2016;21(3):18-29.
21. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, et al. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod.* 2016;17:12. doi:10.1186/s40510-016-0126-0.
22. 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) :341-347.
23. Dasy H, Dasy A, Asatrian G, et al. Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. *Angle Orthod.* 2015;85(6):934-940. doi:10.2319/091014-637.1.

24. Mantovani E, Castroflorio E, Rossini G, et al. Scanning electron microscopy evaluation of aligner fit on teeth. *Angle Orthod.* 2018;88(5):596-601. doi:10.2319/120417-827.1.
25. Mantovani E, Castroflorio E, Rossini G, et al. Scanning electron microscopy analysis of aligner fitting on anchorage attachments. *J Orofac Orthop.* 2019;80(2):79-87. doi:10.1007/s00056-018-00167-1.
26. Yokoi Y, Arai A, Kawamura J, et al. Effects of attachment of plastic aligner in closing of diastema of maxillary dentition by finite element method. *J Healthc Eng.* 2019;2019:1075097.
27. Gomez JP1, Peña FM, Martínez V, et al. Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: a three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod.* 2015;85(3):454-460 .
28. Brezniak N. The clear plastic appliance: a biomechanical point of view. *Angle Orthod.* 2008;78(2):381-382 .
29. Castroflorio T, Garino F, Lazzaro A, et al. Upper-incisor root control with Invisalign appliances. *J Clin Orthod.* 2013;47:346-351.
30. Grünheid T, Gaalaas S, Hamdan H, et al. Effect of clear aligner therapy on the buccolingual inclination of mandibular canines and the intercanine distance. *Angle Orthod.* 2016;86(1):10-16.
31. Ballard ML. Asymmetry in tooth size, a factor in the etiology, diagnosis, and treatment of malocclusion. *Angle Orthod.* 1944;14:67-69.
32. Koretsi V, Chatzigianni A, Sidiropoulou S. Enamel roughness and incidence of caries after interproximal enamel reduction: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2014;17:1-13.
33. Zachrisson BU, Nyøygard L, Mobarak K. Dental health assessed more than 10 years after interproximal enamel reduction of mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131:162-169.
34. Sarig R, Vardimon AD, Sussan C, et al. Pattern of maxillary and mandibular proximal enamel thickness at the contact area of the permanent dentition from first molar to first molar. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147:435-444
35. Cortona A, Rossini G, Parrini S, et al. Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular conical teeth: a finite element study. *Angle Orthod.* 2019 Submitted for publication (minor revision).
36. Nanda R. Dr. Ravindra Nanda on orthodontic mechanics. Interview by Robert G Keim. *J Clin Orthod.* 2010;44(5):293-302.
37. Kuhlberg AJ, Priebe D. Testing force systems and biomechanics —measured tooth movements from differential moment closing loops. *Angle Orthod.* 2003;73:270-280.
38. Davoody AR, Posada L, Utreja A, et al. A prospective comparative study between differential moments and miniscrews in anchorage control. *Eur J Orthod.* 2013;35(5):568-576.
39. Jie RKPLK. Treating bimaxillary protrusion and crowding with the invisalign G6 first premolar extraction solution and invisalign aligners. *APOS Trends Orthod.* 2018;8:219-224.
40. Liu Y, Hu W. Force changes associated with different intrusion strategies for deep-bite correction by clear aligners. *Angle Orthod.* 2018;88(6):771-778.
41. Krishnan V, Davidovitch Z. *Biological Mechanisms of Tooth Movement.* 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell; 2015.
42. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, et al. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the American Board of Orthodontics objective grading system. *Angle Orthod.* 2007;77(5):864-869.
43. Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. Strains in periodontal ligament and alveolar bone associated with orthodontic tooth movement analyzed by finite element. *Orthod Craniofac Res.* 2009;12(2): 120-128.
44. Castroflorio T, Gambero EF, Caviglia GP, et al. Biochemical markers of bone metabolism during early orthodontic tooth movement with aligners. *Angle Orthod.* 2017;87(1):74-81.
45. Al-Moghrabi D, Salazar FC, Pandis N, et al. Compliance with removable orthodontic appliances and adjuncts: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;152(1):17-32.
46. El-Huni A, Colonio Salazar FB, Sharma PK, et al. Understanding factors influencing compliance with removable functional appliances: a qualitative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;155(2):173-181 .
47. Pauls A, Nienkemper M, Panayotidis A, et al. Effects of wear time recording on the patient's compliance. *Angle Orthod.* 2013;83(6):1002-1008.
48. Arreghini A, Trigila S, Lombardo L, et al. Objective assessment of compliance with intra- and extraoral removable appliances. *Angle Orthod.* 2017;87(1):88-95.
49. Li X, Xu ZR, Tang N, et al. Effect of intervention using a messaging app on compliance and duration of treatment in orthodontic patients. *Clin Oral Investig.* 2016;20(8):1849-1859.
50. Hansa I, Semaan JS, Vaid NR, et al. Remote monitoring and "teleorthodontics": concept, scope and applications. *Semin Orthod.* 2018;24(4):470-481.

AMOLCA



PRINCIPIOS Y BIOMECÁNICA DEL TRATAMIENTO CON ALINEADORES

Nanda | Castroflorio | Garino | Ojima

Mejore los resultados de sus pacientes con los últimos avances en tratamiento con alineadores y ortodoncia. *Principios y biomecánica del tratamiento con alineadores* describe cómo utilizar y ajustar los materiales que intervienen en la alineación dental. Con fotografías e ilustraciones a todo color, este libro ofrece una visión clara de las técnicas de alineación dental junto con instrucciones paso a paso tanto para casos normales como inusuales. De un equipo de clínicos e investigadores en activo dirigidos por Ravindra Nanda, este recurso experto lleva sus habilidades ortodónticas al siguiente nivel.

- Los protocolos de tratamiento describen cómo manejar los casos de ortodoncia con alineadores en casi todas las situaciones clínicas.
- Fotos e ilustraciones a todo color muestran casos clínicos.
- Los autores, expertos e internacionales, representan los principales campos de la ortodoncia con alineadores y proporcionan las últimas ideas y los procedimientos más actuales.
- La explicación de la ciencia biológica facilita la comprensión de los principios que subyacen al tratamiento con alineadores.
- Las propiedades mecánicas explican con claridad los materiales utilizados en la ortodoncia con alineadores.
- Los consejos y trucos proporcionan asesoramiento y conocimientos sobre el ajuste técnico.



Biblioteca digital

Con la compra de este libro, usted tendrá acceso a contenidos complementarios en línea (e-Book) y podrá disponer de su propia biblioteca digital, usando el código de acceso que está en el interior.

WWW.AMOLCA.COM

Originalmente publicado como
**Principles and Biomechanics
of Aligner Treatment**
Esta traducción fue hecha
bajo contrato con Elsevier Inc.



ISBN: 978-628-7528-73-4



9 786287 528734